

## شدت انرژی در اقتصاد ایران: اجزا و عوامل تعیین کننده

زکریا فرجزاده<sup>۱</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۲۶

### چکیده

با وجود تلاش‌های جهانی برای کاهش شدت مصرف انرژی اما در دهه‌های اخیر شدت انرژی در اقتصاد ایران همواره رو به افزایش بوده است. برای تحلیل دقیق‌تر تغییرات شدت انرژی، این مطالعه با هدف تجزیه شدت انرژی به اجزای آن شامل تغییر کارایی و تغییر ساختاری و شناخت عوامل مؤثر بر آنها در اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۵۲ صورت گرفت. تجزیه شدت انرژی نشان داد افزایش شدت انرژی اغلب ناشی از تغییر کارایی بوده است. همچنین مشخص شد متغیرهای درآمد (تولید ناخالص داخلی)، سرمایه سرانه نیروی کار و شهرنشینی مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر شدت انرژی و اجزای آن هستند. با در نظر گرفتن رابطه غیرخطی متغیرهای درآمد و سرمایه سرانه نیروی کار با شاخص‌های شدت انرژی و نقطه عطف مترتب بر آنها در مجموع اثر درآمد در جهت افزایش شدت انرژی و اثر سرمایه در جهت کاهش شدت انرژی ارزیابی شد. اما شهرنشینی با وجود افزایش شدت انرژی از طریق تغییرات ساختاری از طریق بهبود کارایی در مجموع موجب کاهش شدت انرژی فراتر از ۱/۸ درصد به ازای ۱ درصد افزایش شهرنشینی خواهد شد. اثر قیمت و سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی بر شاخص‌های فوق محدود و اثر متغیرهای شاخص ادغام تجاری و سرمایه‌گذاری خارجی قابل اغماض ارزیابی شد. رقم متناظر برای متغیرهای یاد شده بیشتر کمتر از ۰/۰۵ درصد به دست آمد.

طبقه‌بندی: *JEL: Q40, Q43, N75*

واژه‌های کلیدی: شدت انرژی، کارایی، تغییرات ساختاری، ایران

## ۱- مقدمه

شدت انرژی به انرژی مصرف شده به ازای واحد محصول یا ستاده اطلاق می شود. به دنبال تلاش برای تبیین دقیق تر تغییرات تولید در اقتصاد، در کنار عوامل تولید شامل سرمایه فیزیکی، نیروی کار و تکنولوژی، به تازگی انرژی هم به عنوان یک عامل تولیدی در تابع تولید وارد شده است. (سلیمی فر و همکاران، ۱۳۸۹)

به اعتقاد کلیوند<sup>۱</sup> (۱۹۸۴) تلاش برای بهینه سازی مصرف انرژی موجب دقیق شدن روی مساعدت آن به تولید و در نتیجه ورود آن به تابع تولید شده است. به نظر می رسد در این نگاه انرژی به عنوان یک نهاده تولیدی همانند دیگر عوامل مورد توجه است. حال آنکه مطالعات تجربی حاکی از سپردن وظایف و کارکردهای دیگر بویژه در کشورهای در حال توسعه به انرژی است به نحوی که این کارکردها موجب شده است به شدت انرژی کمتر اهمیت داده شود. این کارکردها بیشتر در اقتصادهای در حال توسعه مورد توجه بوده در حالی که در اقتصادهای مبتنی بر بازار آزاد کاهش شدت استفاده از انرژی همواره حایز اهمیت بوده است به گونه ای که در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۷ شدت انرژی در کشورهای صنعتی و کشورهای عضو OECD بیش از ۱۴ درصد کاهش نشان می دهد. (صادقی و سجودی، ۱۳۹۰)

کاهش شدت انرژی در حالی رخ می دهد که نقش مثبت انرژی در رشد اقتصادی در میان کشورهای گروه OECD<sup>۲</sup> مانند آمریکا (استرن<sup>۳</sup>، ۱۹۹۳)، کره جنوبی (گلاشر<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲ و او و لی<sup>۵</sup>، ۲۰۰۴)، ایتالیا، آلمان، فرانسه، ترکیه و ژاپن (سویتاس و ساری<sup>۶</sup>، ۲۰۰۳)، ترکیه (اردل و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۰۸)، یونان (سانی<sup>۸</sup>، ۲۰۱۰) و گروه کشورهای تاز صنعتی

1- Cleveland

2- Organisation for Economic Co-operation and Development

3- Stern

4- Glashur

5- Oh and Lee

6- Soyatas and Sari

7- Erdal *et al.*

8- Tsani

شده عضو OECD (شریف حسین<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱) مشاهده می شود. به این معنی که در این کشورها کاهش شدت استفاده از انرژی با کاهش تولید همراه نبوده است.

اثر مثبت انرژی بر تولید در کشورهای در حال توسعه مانند تایوان (یانگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۰)، پاکستان (عقیل و بات<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱)، چین (وانگ و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱) آفریقای جنوبی (منیا و والد رافائل<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰)، روسیه (پائو و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۱) و ایران (آرمن و زارع، ۱۳۸۴ و آماده و همکاران، ۱۳۸۸) نیز مشاهده شده است.

مطالعات مرور شده نشان می دهد انرژی یک نهاده حایز اهمیت و تعیین کننده در تولید است. از این رو هر شوکی در جهت کاهش مصرف آن بدون افزایش کارایی مصرف انرژی می تواند با کاهش تولید همراه شود. اما به طور یقین این به معنی توصیه توزیع یارانه ای انرژی نیست، زیرا توزیع یارانه ای خود یک تحریف محسوب می شود و با منطق اقتصادی سازگار نیست.

برخلاف کشورهای توسعه یافته و صنعتی در میان کشورهای در حال توسعه برای مصرف انرژی، برخی اهداف دیگر مانند حمایت از تولید داخلی در مقابل رقابت خارجی، افزایش اشتغال و تولید و افزایش دسترسی گروه های فقیر به کالاهای مدرن مصرف کننده انرژی نیز تعریف شده است که این اهداف از طریق توزیع ارزان انرژی تعقیب شده است. (لیو و لی<sup>۷</sup>، ۲۰۱۱ و لین و جیانگ<sup>۸</sup>، ۲۰۱۱؛ ۲۰۰۲، IEA and UNEP<sup>۹</sup>)

---

1- Sharif Hossain

2- Yang

3- Aqeel and Butt

4- Wang *et al.*

5- Menyah and Wolde-Rufael

6- Pao *et al.*

7- Liu and Li

8- Lin and Jiang

9- United Nation Development Program

10- International Energy Agency

نکته حائز اهمیت آن است که در حال حاضر در سطح جهانی اعتقاد بر این است که هدف دسترسی گروه‌های کم درآمد به کالاهای انرژی بر تحقق نیافته است. (داب<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳؛ گانگوپادیای و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵ و کبده<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶)

در خصوص ایران نیز یافته‌های برخی مطالعات همانند باستانزاد و نیلی (۱۳۸۴) نشان می‌دهد که افزایش یارانه انرژی باعث افزایش رشد اقتصادی در ایران نشده است و توزیع یارانه‌ای تنها منجر به جانشینی انرژی به جای دیگر عوامل تولید شده است.

میزان مصرف انرژی ایران در دوره ۹۱-۱۳۴۶ سالانه ۷/۳ درصد رشد داشته (وزارت نیرو، ۱۳۹۱) این در حالی است که در این مدت تولید ناخالص داخلی ایران به طور متوسط سالانه حدود ۳/۲ درصد رشد یافته است. این به معنی افزایش شدت انرژی در اقتصاد ایران است.

یافته‌های مطالعه شهبازی و حمیدی رزی (۱۳۹۳) نیز نشان داد در دوره ۲۰۱۰-۱۹۷۱ شدت انرژی در ایران فراتر از متوسط کشورهای عضو اوپک در حال افزایش بوده است. در سال ۲۰۰۷ ایران در میان کشورهای پرداخت کننده یارانه به انرژی با بیش از ۵۵ میلیارد دلار در بالاترین سطح قرار داشته است (IEA, ۲۰۰۸) به گونه‌ای که سهم یارانه از قیمت برای اغلب فرآورده‌های نفتی بالاتر از ۷۷ درصد بوده است. (فرج‌زاده و بخشوده، ۲۰۱۵)

متوسط میزان انرژی مصرفی به ازای ۱۰۰۰ دلار تولید در ایران ۱۷۶ کیلوگرم معادل نفت خام است در حالی که در بسیاری از کشورهای صنعتی این رقم کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم معادل نفت خام است. (پایگاه اطلاعاتی سازمان ملل، ۲۰۱۱)

افزایش انتشار آلاینده‌ها نیز موجب شده است تا مصرف انرژی بیشتر مورد توجه قرار گیرد. به ویژه اینکه عنوان می‌شود حدود ۶۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای تنها ناشی از تولید یا مصرف انرژی است (ماررو<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰) و کاهش مصرف انرژی می‌تواند زمینه کاهش انتشار را فراهم کند. در همین زمینه یافته‌های مطالعه فرج‌زاده (۱۳۹۱) نشان داد

---

1- Dube

2- Gangopadhyay *et al.*

3- Kebede

4- Marrero

کاهش مصرف انرژی در اثر کاهش یارانه آن می‌تواند منجر به کاهش قابل ملاحظه انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران شود.

متوسط میزان انتشار دی‌اکسید کربن جهان به ازای هر واحد درآمد بر حسب دلار کمتر از ۰/۵ کیلوگرم است در حالی که این رقم برای ایران در سطح ۰/۷۶ کیلوگرم قرار دارد. (پایگاه اطلاعاتی سازمان ملل<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹). یافته‌های مطالعه سازمان جهانی محیط‌زیست حاکی از آن است که ۹۰ درصد از منشاء آلودگی دی‌اکسید کربن در ایران انرژی است. (UNDP, ۲۰۱۰)<sup>۲</sup>

## ۲- پیشینه تحقیق

با توجه به عدم دسترسی به اهدافی که در قالب مصرف بالاتر انرژی تعقیب می‌شد همچنین برخی از موانع زیست‌محیطی مانند انتشار آلاینده‌ها که بیشتر دارای منشأ انرژی هستند به تازگی نه تنها افزایش مصرف انرژی از طریق توزیع یارانه‌ای مورد تردید قرار گرفته است بلکه مطالعات تلاش دارند پیامدهای مثبت ناشی از آزادسازی قیمت انرژی را ارزیابی کنند.

نتایج مطالعه هرریاس و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۳) نشان داد که آزادسازی در حوزه سرمایه‌گذاری خارجی و واردات موجب بهبود کارایی مصرف انرژی در چین شده است. در مطالعه مشابه دیگر، ادم<sup>۴</sup> (۲۰۱۵) نیز نشان داد آزادسازی تجاری و ورود سرمایه‌گذاری خارجی موجب کاهش شدت انرژی در نیجریه شده است.

در حال حاضر از مهم‌ترین موارد تأکید در مطالعات مرتبط با شدت انرژی، تلاش برای شناسایی عوامل موثر بر شدت استفاده از انرژی است. به عنوان مثال، وو<sup>۵</sup> (۲۰۱۲) در چین نشان داد افزایش درآمد و قیمت می‌تواند منجر به افزایش کارایی استفاده از انرژی شود.

---

1- UN Data

2- United Nations Development Program

3- Herrerias *et al.*

4- Adom

5- Wu

این مطالعه کاهش شدت انرژی در چین را بیشتر ناشی از بهبود کارایی مصرف آن می‌داند. یافته‌های مشابهی برای کشورهای عضو OECD در مطالعه عمادزاده و همکاران (۱۳۸۲) نیز مشاهده می‌شود.

سانگ و ژنگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) نیز نشان دادند افزایش درآمد بر شدت انرژی در چین اثر منفی دارد، اما نقش قیمت در تغییرات شدت انرژی چندان حائز اهمیت ارزیابی نشد. در این مطالعه مشخص شد که بیش از ۹۰ درصد از کاهش شدت انرژی ناشی از بهبود کارایی استفاده از انرژی بوده است.

راسخی و سلمانی (۱۳۹۲) نیز برای گروهی از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نقش درآمد را در تغییر شدت استفاده از انرژی بالا ارزیابی کردند. از جمله متغیرهای مهم دیگر در مطالعات انباشت سرمایه و یا نسبت سرمایه - نیروی کار است.

در مطالعه وو (۲۰۱۲) و سانگ و ژنگ (۲۰۱۳) رابطه میان شدت انرژی و سرمایه - نیروی کار به صورت U معکوس ارزیابی شد. به این معنی که در نهایت افزایش سرمایه موجب کاهش شدت انرژی می‌شود. این مطالعات برای انباشت سرمایه نقش بهبود تکنولوژی نیز در نظر می‌گیرند.

در ایران یافته‌های مطالعات متفاوت است. البته نباید از نظر دور داشت که این مطالعات اغلب به صورت موردی و برای صنایع خاص صورت گرفته است. به عنوان مثال، صادقی و سجودی (۱۳۹۰) نشان دادند افزایش سرمایه فیزیکی در صنایع کارخانه‌ای موجب افزایش شدت انرژی می‌شود. برخلاف صادقی و سجودی (۱۳۹۰)، عبدلی و ایرانشاهی (۱۳۹۳) برای صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران نشان دادند افزایش سرمایه موجب کاهش شدت انرژی می‌شود. همچنین آرمن و تقی زاده (۱۳۹۲) نشان دادند در صنایع کارخانه‌ای قیمت و تکنولوژی بر شدت انرژی اثر منفی دارد.

متغیر مهم دیگر در تحلیل تغییرات شدت انرژی توسعه شهرنشینی است. در مطالعه سانگ و ژنگ (۲۰۱۳) و اندرسون و کارپستم<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) اثر شهرنشینی بر شدت انرژی مثبت

---

1- Song and Zheng

2- Andersson and Karpestam

ارزیابی شد. اما جونز<sup>۱</sup> (۱۹۹۱) برای این متغیر اثر منفی نیز ارزیابی می‌کند. افزون بر شهرنشینی که تغییر ساختار در سمت مصرف انرژی را نشان می‌دهد، تغییر در ساختار تولید هم می‌تواند در تغییر شدت انرژی نقش ایفا کند. این مورد در قالب سهم بخش‌های اقتصاد و به ویژه سهم صنعت در مطالعات دیده شده است.

تحلیل تغییرات شدت انرژی در صنعت سیمان (ابونوری و نیکبان، ۱۳۸۸) و صنایع کارخانه‌ای (صادقی و سجودی، ۱۳۹۰؛ عبدلی و ایرانشاهی، ۱۳۹۳؛ آرمن و تقی زاده، ۱۳۹۲ و شریفی و همکاران، ۱۳۸۷) ناظر بر اهمیت مصرف انرژی در بخش صنعت است. اما در مطالعات کلان که تمام بخش‌های اقتصاد را دربر می‌گیرند سهم صنعت به عنوان یک متغیر مجزا در بررسی تغییرات شدت انرژی لحاظ می‌شود. به عنوان مثال، در مطالعه هرریاس و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) اثر افزایش سهم صنعت بر شدت مصرف زغال سنگ منفی و بر شدت استفاده از فرآورده‌های نفتی و برق مثبت ارزیابی شد. همچنین اندرسون و کارپستم (۲۰۱۳) برای هشت کشور توسعه‌یافته و اقتصادهای هند و چین اثر افزایش سهم صنعت را بر شدت انرژی در کوتاه مدت مثبت و در بلندمدت منفی ارزیابی کردند.

همانطور که مشاهده شد مطالعات داخلی بیشتر به تحلیل شدت انرژی در حوزه صنایع پرداخته‌اند و افزون بر این شدت انرژی کل مورد تأکید بوده است در حالی که تجزیه شدت انرژی به اجزای آن چندان مورد توجه قرار نگرفته است. تغییر شدت انرژی می‌تواند ناشی از دو منبع تغییر در کارایی مصرف انرژی در بخش‌های مختلف اقتصاد و تغییر در ترکیب یا ساختار تولید بخش‌ها باشد که به ترتیب تغییر شدت انرژی ناشی از تغییر کارایی و تغییر ساختاری نامیده می‌شود. (سانگ و ژنگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۲) در این مطالعه که دارای وجه تمایز بارزی نسبت به سایر مطالعات در حوزه حامل‌های انرژی است، به جنبه‌های جدیدی از تغییرات مصرف انرژی پرداخته می‌شود و آن تحلیل عوامل تعیین‌کننده شدت مصرف انرژی است. این مقوله در مطالعات داخل مورد توجه قرار نگرفته است. در مقایسه با

---

1- Jones

2- Herrerias *et al.*

3- Song and Zheng

مطالعات خارج نیز وجه تمایز این مطالعه ارزیابی مجموع عوامل تعیین کننده شدت انرژی است. به این معنی که در انتخاب عوامل تعیین کننده به تمام عوامل ذکر شده در مطالعات توجه شده و دایره عوامل انتخاب شده به عنوان متغیرهای مؤثر بر تغییرات شدت انرژی به طور نسبی جامع است.

بر اساس مطالب فوق، مهم ترین هدف مطالعه حاضر را می توان تجزیه شاخص شدت انرژی به اجزای آن شامل تغییرات در کارایی مصرف انرژی و تغییرات ساختاری و همچنین شناسایی عوامل مؤثر بر این اجزا عنوان کرد.

چارچوب مقاله حاضر به این شرح است: در بخش بعد ابتدا مبانی نظری تجزیه تغییرات شدت انرژی به اجزای آن شامل تغییرات کارایی و تغییرات ساختاری و سپس مدل تحقیق ارائه شده است. پس از تصریح مدل تحقیق، یافته های مطالعه به تفکیک شاخص های تغییرات کارایی، تغییرات ساختاری و شدت کل انرژی آمده است. در انتها نیز ضمن نتیجه گیری توصیه های سیاستی مطرح شده است.

### ۳- مبانی نظری و روش تحقیق

شدت انرژی از ساده ترین معیارهای بیانگر کارایی مصرف انرژی است که تغییرات آن خود ناشی از دو منبع تغییر در کارایی مصرف انرژی و همچنین تغییر در ترکیب تولید ناشی می شود. شدت انرژی در واقع متوسط شدت انرژی بخش ها ( $e_{it}$ ) است که با استفاده از سهم محصول یا تولید ( $s_{it}$ ) تعدیل شده است: (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲)

$$e_t = \frac{E_t}{Y_t} = \sum_i \frac{E_{it}}{Y_{it}} \frac{Y_{it}}{Y_t} = \sum_i e_{it} s_{it} \quad (1)$$

در رابطه فوق  $e_t$  شدت انرژی در سال  $t$ ،  $E_t$  و  $Y_t$  به ترتیب کل انرژی مصرفی و تولید ناخالص داخلی در سال  $t$ ،  $E_{it}$  و  $Y_{it}$  به ترتیب انرژی مصرفی و تولید بخش  $i$  در سال  $t$  است. تغییر شدت انرژی را می توان به صورت نسبت شدت انرژی در سال  $t$  نسبت به سال پایه تعریف کرد که در واقع شاخص شدت انرژی خواهد بود: (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲)



$$I_t \equiv \frac{e_t}{e_t} = \frac{\sum_i e_{it} s_{it}}{\sum_i e_i s_i} \quad (2)$$

برای تجزیه شاخص شدت انرژی به شاخص‌های کارایی مصرف و تغییر ساختاری یا تغییر در ترکیب تولید از روش پیشنهادی آنگک<sup>۱</sup> (۲۰۰۵) استفاده شد. تجزیه بر اساس این روش و برای دو جز تغییر کارایی و تغییر ساختاری بدین صورت قابل بیان است. اگر I شاخص شدت انرژی کل باشد و تغییرات آن ناشی از دو جز (شاخص) تغییر کارایی (EE) و تغییر ساختاری (SC) باشد، بر اساس روش تحلیل تجزیه شاخص<sup>۲</sup> (IDA) پیشنهاد شده توسط آنگک و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) اتحاد زیر را می‌توان نوشت:

$$I_t = \sum_i I_{it} = \sum_i (EE_{it} SC_{it}) \quad (3)$$

در رابطه فوق I به زیربخش‌های اقتصاد اشاره دارد که در این مطالعه شامل کشاورزی، صنعت و خدمات است. در تجزیه جمع‌پذیر<sup>۴</sup> تفاوت مقادیر شاخص کل در دو دوره صفر و t به صورت زیر تجزیه می‌شود: (آنگک، ۲۰۰۵)

$$\Delta I = I_t - I_0 \quad (4)$$

که در آن I شاخص شدت انرژی است و پانویس‌های t و ۰ به زمان اشاره دارد و همچنین

$$I_0 = \sum_i I_{i0} = \sum_i (EE_{i0} SC_{i0}) \quad (5)$$

$$I_t = \sum_i I_{it} = \sum_i (EE_{it} SC_{it}) \quad (6)$$

حال اگر شاخص شدت انرژی توسط دو عامل یاد شده یعنی شاخص کارایی انرژی (EE) و شاخص ساختاری (SC) تعیین شود، تغییرات شاخص شدت انرژی به صورت زیر قابل بیان خواهد بود:

1- Ang

2- Index Decomposition Analysis

3- Ang *et al.*

4- Additive

$$\Delta I_t = \Delta I_{EE_t} + \Delta I_{SC_t} \quad (7)$$

در رابطه فوق  $\Delta I_{EE}$  و  $\Delta I_{SC}$  به صورت زیر تعریف می‌شود: (آننگ، ۲۰۰۵؛ وو، ۲۰۱۲)

$$\Delta I_{EE_t} = \sum_i \frac{I_{it} - I_{it-1}}{\ln I_{it} - \ln I_{it-1}} \ln \left( \frac{EE_{it}}{EE_{it-1}} \right) \quad (8)$$

$$\Delta I_{SC_t} = \sum_i \frac{I_{it} - I_{it-1}}{\ln I_{it} - \ln I_{it-1}} \ln \left( \frac{SC_{it}}{SC_{it-1}} \right) \quad (9)$$

به منظور شناسایی عوامل مؤثر بر روند تغییرات شاخص‌های شدت انرژی یاد شده ابتدا با استفاده از روابط فوق مقادیر شاخص‌ها محاسبه و سپس اثر عوامل تعیین‌کننده تغییرات شاخص‌ها با استفاده از تحلیل رگرسیون تعقیب شد. مرور مطالعات حاکی از تنوع بسیار بالا در متغیرهای توضیحی مورد استفاده برای تبیین تغییرات شاخص‌های شدت انرژی است. به عنوان مثال، ما<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) شاخص شدت انرژی را تنها تابعی از سه متغیر درآمد، سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی و نسبت جمعیت شهری در نظر می‌گیرد. ادم<sup>۳</sup> (۲۰۱۵) شدت انرژی را تابعی از متغیرهای قیمت انرژی، سرمایه‌گذاری خارجی، سهم ارزش افزوده بخش صنعت و شاخص ادغام تجاری به صورت نسبت تجارت (مجموع صادرات و واردات) به تولید ناخالص داخلی در نظر گرفت.

در مطالعه وو (۲۰۱۲) تولید ناخالص داخلی، نسبت سرمایه - نیروی کار به همراه توان دوم آن، رشد سرمایه‌گذاری و توان دوم آن و همچنین متغیر روند زمانی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین سانگ و ژنگ<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) افزون بر متغیرهای یاد شده از شکاف میان تولید و مصرف انرژی<sup>۵</sup> و متغیر شهرنشینی به صورت نسبت جمعیت شهری از کل جمعیت نیز استفاده کردند. متغیر شهرنشینی در مطالعه اندرسون و کارپستم<sup>۶</sup> (۲۰۱۳) و ما<sup>۷</sup> (۲۰۱۵) نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

1- Wu

2- Ma

3- Adom

4- Song and Zheng

۵- البته با توجه به اینکه ایران صادرکننده انرژی است این متغیر برای ایران اهمیت ندارد.

6- Andersson and Karpestam

7- Ma

مالدر و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۴) نیز در بررسی شدت انرژی در میان کشورهای عضو OECD از متغیرهای قیمت انرژی، متغیر بیانگر تکنولوژی ارتباطات و اطلاعات و متغیرهای اقلیمی استفاده کردند. عمادزاده و همکاران (۱۳۸۲) برای مطالعه شدت انرژی همین گروه از کشورها متغیرهای تولید، قیمت و نرخ ارز را مورد استفاده قرار داده‌اند. هرریاس و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۳) در تبیین رفتار شدت انرژی تأکید ویژه‌ای بر متغیرهای بخش خارجی اقتصاد دارند و آن را در قالب دو متغیر سرمایه‌گذاری خارجی مستقیم و واردات لحاظ کرده‌اند. افزون بر این، آنها سرمایه‌گذاری و سهم صنعت در اقتصاد را نیز مورد استفاده قرار داده‌اند.

با توجه به موارد ذکر شده در این مطالعه شاخص‌های شدت انرژی تابعی از متغیرهای تولید ناخالص داخلی یا درآمد، قیمت انرژی، نسبت سرمایه نیروی کار یا سرمایه سرانه نیروی کار، سهم جمعیت شهری (شهرنشینی)، شاخص ادغام تجاری، سهم بخش صنعت از تولید ناخالص داخلی، سرمایه‌گذاری خارجی و روند زمانی در نظر گرفته شد. متغیر سهم صنعت که در مطالعاتی مانند اندرسون و کارپستم (۲۰۱۳) و هرریاس و همکاران (۲۰۱۳) بکار گرفته شده است به عنوان معیاری از تغییرات ساختاری تلقی می‌شود.

در مطالعه سیف (۱۳۸۷) این تغییرات برحسب سهم بخش خدمات لحاظ شده است. در مورد متغیرهای تولید ناخالص داخلی و نسبت سرمایه - نیروی کار به منظور ارزیابی امکان رابطه غیرخطی میان آنها و شاخص‌های انرژی از توان دوم این متغیرها نیز بهره گرفته شد. رابطه غیرخطی نسبت سرمایه نیروی کار در مطالعه وو (۲۰۱۲) و سانگ و ژنگ (۲۰۱۲) و رابطه غیرخطی متغیر تولید ناخالص در مطالعه سانگ و ژنگ (۲۰۱۲) مورد آزمون قرار گرفته است. با توجه به تفاوت گسترده در تصریح‌های مورد استفاده مطالعات مرور شده، جهت تبیین تغییرات شاخص‌های انرژی در این مطالعه نیز از تصریح‌های مختلفی استفاده شده است.

---

1- Mulder *et al.*

2- Herrerias *et al.*

افزایش درآمد از یک سو می‌تواند موجب افزایش تقاضا برای انرژی شود و از سوی دیگر ممکن است به موازات افزایش درآمد و افزایش آگاهی از مسایل زیست‌محیطی و محدودیت منابع، تکنولوژی‌های صرفه‌جویی‌کننده انرژی مورد پذیرش قرار گیرد. (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲). وو (۲۰۱۲) نیز معتقد است افزایش توسعه اقتصادی به موازات افزایش درآمد می‌تواند زمینه بهبود کارایی و پیرو آن کاهش مصرف انرژی را فراهم کند.

افزایش قیمت انرژی می‌تواند موجب افزایش هزینه‌های تولید شود. در این شرایط انتظار می‌رود تولیدکنندگان با شرایط ایجاد شده از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی مقابله کنند (وو، ۲۰۱۲) که در این صورت بر شدت انرژی اثر منفی خواهد داشت. ممکن است تولیدکنندگان از طریق تعدیل فرآیند تولید و تعدیل ساختار تولید نیز با افزایش قیمت مقابله کنند (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲؛ اندرسون و کارپستم، ۲۰۱۳). قیمت انرژی به صورت متوسط وزنی محاسبه گردید که در آن سهم حامل‌های انرژی در مخارج سبد انرژی به عنوان وزن مورد استفاده قرار گرفت.

اثر متغیر نسبت سرمایه نیروی کار بر شدت استفاده از انرژی بسته به اینکه رابطه آن با انرژی مکملی یا جانشینی باشد، متفاوت است. یافته‌های متفاوتی نیز در این زمینه وجود دارد. ما و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) در چین رابطه میان سرمایه و نیروی کار را با انرژی جانشینی ارزیابی کرد. مطالعات دیگری نیز رابطه جانشینی گزارش کرده‌اند. (اندرسون و کارپستم، ۲۰۱۳)

سلیمی‌فر و همکاران (۱۳۸۹) و صادقی و سجودی (۱۳۹۰) رابطه میان انرژی و سرمایه را مکملی ارزیابی کرده‌اند. این متغیر به عنوان معیاری از سطح تکنولوژی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (وو، ۲۰۱۲) از این رو انتظار می‌رود اثر آن بر شدت انرژی منفی باشد. البته در صورت استفاده از جمله توان دوم ممکن است رابطه غیرخطی حاصل شود.

گسترش شهرنشینی می‌تواند اثر متفاوتی داشته باشد؛ از یک سو افزایش شهرنشینی زمینه بهره‌گیری از صرفه‌های حاصل از مقیاس را در استفاده از منابع ایجاد می‌کند (جونز<sup>۲</sup>، ۱۹۹۱) و از سوی دیگر موجب افزایش تقاضا برای خدمات انرژی‌بر مانند حمل و نقل

1- Ma et al.

2- Jones

می‌شود (جونز، ۱۹۹۱؛ هالتدال و جولتز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴)؛ این متغیر به صورت سهم جمعیت شهری ایران از کل جمعیت مورد استفاده قرار گرفته است.

ادم (۲۰۱۵) اثر تجارت یا ادغام تجاری را به دو اثر پیش‌ران<sup>۲</sup> و اثر کششی<sup>۳</sup> تقسیم می‌کند. در اثر اول کشورها زمینه فراگیری و تقلید از بیرون را پیدا می‌کنند (گروسمن و هلپمن<sup>۴</sup>، ۱۹۹۱) و در اثر دوم کشورها در نتیجه تجارت، در فضای رقابتی قرار گرفته و از این طریق زمینه افزایش کارایی استفاده از انرژی فراهم می‌شود. (هولمز و اشمیتز<sup>۵</sup>، ۲۰۰۱) نمونه‌ای از چنین اثر مثبت بر کارایی مصرف انرژی توسط هابلر<sup>۶</sup> (۲۰۱۱) و سایا<sup>۷</sup> (۲۰۱۴) نیز مورد اشاره قرار گرفته است. برای متغیر سرمایه‌گذاری خارجی نیز اثری مشابه افزایش ادغام تجاری ذکر می‌شود. هرریاس و همکاران (۲۰۱۳) سرمایه‌گذاری خارجی را به عنوان مکانیزمی برای ورود تکنولوژی از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای در حال توسعه بیان می‌کنند.

هرریاس و همکاران (۲۰۱۳) معتقدند صنایع و به ویژه صنایع سنگین، فعالیت‌هایی انرژی‌بر تلقی می‌شوند. اندرسون و کارپستم (۲۰۱۳) ه طور کلی فرآیند تولید کالا را در مقایسه با فرآیند تولید خدمات انرژی‌بر عنوان می‌کنند. از همین رو در این مطالعه سهم بخش صنعت در تولید ناخالص داخلی ایران به عنوان یک متغیر مورد استفاده قرار گرفت. پس از تجزیه شاخص شدت انرژی به شاخص کارایی و شاخص تغییرات ساختاری، نقش عوامل یاد شده در تغییرات این شاخص‌ها با استفاده از مدل رگرسیونی زیر ارزیابی شد:

(۱۰)

$$I_t = f(\text{Income}, \text{Income}', \text{Price}, \text{KLratio}, \text{KLratio}', \text{Urbanization}, \text{EINT}, \text{Industry}, \text{FDI}, \text{Time})$$

- 
- 1- Holtedahl and Joutz
  - 2- Push effect
  - 3- Pull effect
  - 4- Grossman and Helpman
  - 5- Holmes and Schmitz
  - 6- Hubler
  - 7- Sbia

در رابطه فوق I شاخص شدت انرژی است که در برگیرنده سه شاخص کل شدت انرژی، شاخص کارایی و شاخص تغییرات ساختاری است. این شاخص‌ها به عنوان متغیر وابسته مورد استفاده قرار گرفته‌اند. *Income* در رابطه فوق تولید ناخالص یا درآمد، *Price* قیمت وزنی حامل‌های انرژی، *KLratio* نسبت سرمایه نیروی کار (سرمایه سرانه نیروی کار)، FDI سرمایه‌گذاری خارجی مستقیم، *Urbanization* شهرنشینی یا سهم جمعیت شهری از کل جمعیت، *EINT* شاخص ادغام تجاری است که به صورت نسبت مجموع واردات و صادرات به تولید ناخالص داخلی محاسبه شده است، *Industry* میزان تولید بخش صنعت یا سهم بخش صنعت از GDP ایران و *Time* متغیر روند زمانی است. مقادیر متغیرهای درآمد، قیمت، سرمایه سرانه نیروی کار و سرمایه‌گذاری خارجی بر اساس قیمت‌های ثابت سال ۱۳۸۳ مورد استفاده قرار گرفتند. متغیرهای یاد شده و شاخص‌های شدت انرژی به صورت لگاریتمی بکار گرفته شد.

در رابطه (۱۰) متغیر درآمد یا تولید به عنوان متغیر توضیحی در نظر گرفته شده است، حال آنکه این متغیر خود توسط متغیرهای دیگر مدل مانند سرمایه و نیروی کار تعیین می‌شود که مشابه متغیر درآمد به عنوان متغیر توضیحی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این به معنی وجود ارتباط میان متغیرهای درآمد و نسبت سرمایه - نیروی کار خواهد بود. نمونه‌ای از چنین رابطه میان متغیرها در مطالعه هالکاس و پازاناس<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) و و سانگ و ژنگ<sup>۲</sup> (۲۰۱۲) نیز مورد تأکید قرار گرفته است. این شرایط منجر به ایجاد مسأله همزمانی میان دو متغیر فوق خواهد شد. همچنین وو (۲۰۱۲) ضمن درون‌زا عنوان کردن متغیر درآمد از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM<sup>۳</sup>) برای تخمین معادلات استفاده کرده است به همین جهت در این مطالعه ابتدا درون‌زایی متغیر درآمد مورد ارزیابی قرار گرفت.

---

1- Halkos and Paizanos

2- Song and Zheng

3- Generalized Method of Moments

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه سری زمانی است و دوره ۹۰-۱۳۵۲ را دربر می‌گیرد. متغیرهای مطالعه شامل میزان مصرف انرژی به تفکیک بخش‌های کشاورزی، صنعت و خدمات، درآمد (تولید ناخالص داخلی) به تفکیک بخش‌های یاد شده، موجودی سرمایه، نیروی کار، جمعیت شهری و کل، واردات و صادرات، سرمایه‌گذاری خارجی، تولید بخش صنعت و قیمت حامل‌های انرژی است. داده‌ها از منابع اطلاعاتی مختلف شامل اطلاعاتی پایگاه بانک مرکزی، وزارت نیرو و مرکز آمار ایران جمع‌آوری شد.

#### ۴- تحلیل نتایج

در این بخش ابتدا روند تغییرات سه شاخص مورد استفاده در این مطالعه که به عنوان متغیر وابسته در تحلیل رگرسیون نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند، ترسیم شده است. بر اساس روابط ارائه شده در روش تحقیق، تغییرات شاخص شدت انرژی حاصل جمع تغییرات دو شاخص کارایی و تغییرات ساختاری است.

بر اساس نمودار (۱)، روند تغییرات شاخص شدت انرژی دارای تشابه بالایی با شاخص کارایی انرژی است، از این رو می‌توان گفت در ایجاد روند شاخص شدت انرژی مؤلفه یا شاخص کارایی انرژی تعیین‌کننده‌تر بوده است و نقش شاخص تغییرات ساختاری در تغییرات شاخص شدت انرژی در سطح بسیار پایینی قرار دارد. هر چند شاخص تغییرات ساختاری در دهه ۱۳۶۰ روند کاهشی نشان می‌دهد، اما در مجموع می‌توان گفت دارای نوسان بسیار کمی بوده و دارای روند افزایشی بسیار آهسته است.

محاسبه مقادیر رشد سه شاخص شدت انرژی، شاخص کارایی انرژی و شاخص تغییرات ساختاری نشان داد در دوره مطالعه شاخص شدت انرژی سالانه ۱/۲ درصد رشد داشته است و این رقم برای شاخص کارایی بیش از ۱ درصد و برای شاخص تغییرات ساختاری حدود ۰/۲ درصد به دست آمد. به این معنی که بیش از ۱ درصد رشد سالانه شاخص شدت انرژی متعلق به شاخص کارایی و حدود ۰/۲ درصد آن

ناشی از تغییرات ساختاری بوده است. اما هر دو شاخص در جهت افزایش شدت انرژی مساعدت داشته‌اند.

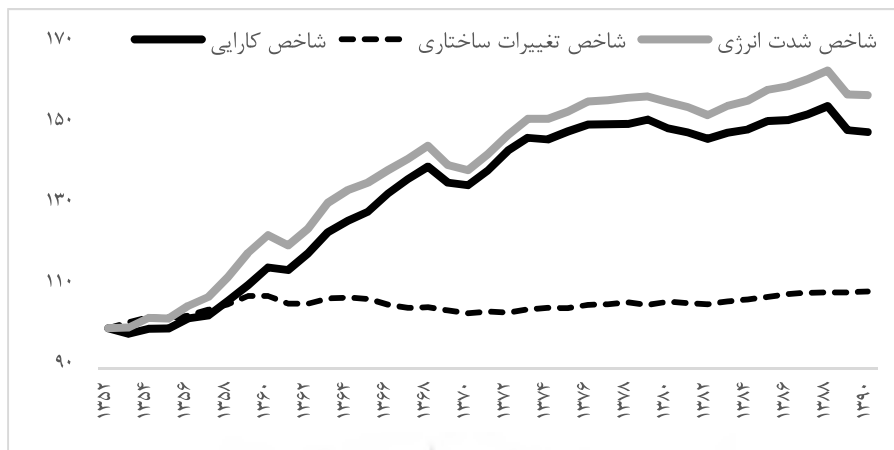
باستانزاد و نیلی (۱۳۸۴) توزیع یارانه انرژی را در افزایش شدت استفاده از انرژی مؤثر می‌دانند. در مطالعه شریفی و همکاران (۱۳۸۷) نیز سهم تغییرات ساختاری در تغییرات شدت انرژی صنایع، کمتر از تغییرات کارایی ارزیابی شد. یافته مشابهی برای مطالعه موردی صنایع سیمان تهران (ابونوری و نیکبان، ۱۳۸۸) نیز مشاهده می‌شود.

بر اساس شاخص شدت انرژی در نمودار ترسیم شده می‌توان دوره مطالعه را به دو زیردوره تقسیم کرد؛ زیردوره نخست شامل سال‌های ۶۸-۱۳۵۲ است. در این دوره به طور متوسط شاخص شدت انرژی ۲/۴ درصد در سال رشد داشته است که سهم کارایی مصرف انرژی و یا به بیان بهتر سهم ناکارایی مصرف انرژی بیش از ۲/۱ درصد و سهم تغییرات ساختاری در سطح ۰/۳ درصد است. در سال‌های ۱۳۶۹ و ۱۳۷۰ با توجه به احیای ظرفیت‌های تولیدی، شدت انرژی کاهش اندکی نشان می‌دهد. مجدد از ابتدای دهه ۱۳۷۰ شدت استفاده از انرژی افزایش نشان می‌دهد.

در زیردوره ۹۰-۱۳۷۰ به طور متوسط شاخص شدت انرژی کمتر از ۰/۷ درصد رشد داشته است که سهم شاخص کارایی بیش از دو سوم کل تغییرات شدت انرژی است. در نمودار (۱) نیز به طور تلویحی کاهش روند افزایش شدت انرژی و کاهش مساعدت شاخص کارایی استفاده از انرژی مشاهده می‌شود.



نمودار (۱) - شاخص شدت انرژی و اجزای آن در دوره ۹۰-۱۳۵۲



با توجه به اینکه داده‌های مورد استفاده سری زمانی بودند از این رو ابتدا ایستایی متغیرها مورد آزمون قرار گرفت. نتایج این آزمون در جدول (۱) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود از میان متغیرهای مورد استفاده بر اساس آزمون ADF<sup>۱</sup> تنها متغیرهای قیمت انرژی، سرمایه سرانه نیروی کار و توان دوم سرمایه سرانه نیروی کار و همچنین شاخص ادغام تجاری در سطوح معنی داری منتخب ایستا نیستند. این در حالی است که براساس آزمون KPSS<sup>۲</sup> تمامی آنها رفتار ایستا دارند. با توجه به توان بالاتر آزمون KPSS در آزمون ایستایی متغیرها<sup>۳</sup> و همچنین ضرورت استفاده از شکل اصلی متغیرها در برآورد معادلات، بنابراین از شکل اصلی یا غیرتفاضلی متغیرها در برآورد معادلات استفاده شد.

1- Augmented Dickey Fuller

2- Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin

۳- آزمون ADF در خصوص رد فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد و به ویژه در نمونه‌های کوچک از توان پایینی برخوردار است (کویات کافسکی و همکاران، ۱۹۹۲). برای رفع این ضعف آزمون KPSS توسط کویات کافسکی و همکاران، (۱۹۹۲) ارائه شد.

جدول (۱) - نتایج حاصل از آزمون ایستایی متغیرهای مورد استفاده

ADF □		KPSS#		آزمون
با عرض از مبدأ و روند	با عرض از مبدأ	با عرض از مبدأ و روند	با عرض از مبدأ	متغیر
-۰/۵۲۶	-۲/۸۵۳***	۰/۱۹۵	۰/۶۸۷	شاخص شدت انرژی
۰/۱۳۸	-۳/۰۴۳**	۰/۱۹۵	۰/۶۷۳	شاخص کارایی انرژی
-۲/۹۳۲***	-۱/۹۵۶	۰/۰۹۹	۰/۴۴۵	شاخص تغییرات ساختاری
-۲/۶۳۳**	-۰/۴۴۳	۰/۱۸	۰/۵۴	درآمد (تولید ناخالص درآمد)
-۲/۵۸۷**	-۰/۳۹۱	۰/۱۸	۰/۵۴	مجذور درآمد (تولید ناخالص درآمد)
-۰/۳۱۵	-۱/۴۶۴	۰/۱۷	۰/۴۵	قیمت انرژی
-۲/۶۲۳	-۲/۳۹۱	۰/۱۳۰	۰/۳۳۵	سرمایه سرانه نیروی کار
-۲/۵۹۴	-۲/۳۵۰	۰/۱۲۹	۰/۳۳۱	مجذور سرمایه سرانه نیروی کار
-۲/۵۷۵**	-۰/۷۶۲	۰/۰۷۲	۰/۷۶۳	شهرنشینی
-۲/۵۰۲	-۱/۵۲۳	۰/۱۷۴	۰/۲۲۳	شاخص ادغام تجاری
-۳/۴۶۵**	-۴/۷۸۲***	۰/۱۰۸	۰/۳۰۷	سهم صنعت
-۵/۵۶۵***	-۵/۳۶۵***	۰/۱۷۱	۰/۲۸۳	سرمایه گذاری خارجی

# مقادیر بحرانی سطح معنی داری ۱ درصد برای دو حالت «با عرض از مبدأ» و «با عرض از مبدأ و روند» به ترتیب برابر با ۰/۷۳۹ و ۰/۲۱۶ است. فرض صفر در این آزمون «ایستا بودن» متغیر است. (کویات کافسکی و همکاران، ۱۹۹۲)

□، «\*\*\*» و «\*\*» به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد است و فرض صفر «وجود ریشه واحد» است. درخصوص متغیرهای شاخص شدت انرژی، درآمد، مجذور درآمد، شهرنشینی و شاخص تغییرات ساختاری با توجه به وجود روند یا عرض از مبدأ معنی دار در معادله آزمون ADF برای قضاوت در خصوص ایستایی از مقادیر بحرانی جدول t استفاده شده است. (صدیقی و همکاران، ۲۰۰۰)

مأخذ: یافته های تحقیق

همچنین جهت آزمون درون زایی متغیر درآمد از آزمون هاسمن پیشنهادی دیویدسون و مک کینون (۱۹۹۳) استفاده شد. بر اساس این آزمون ابتدا متغیر درآمد تابعی از متغیرهای توضیحی برونزا در نظر گرفته شد، سپس سری جملات پسماند حاصل از این تخمین به عنوان متغیر توضیحی در تصریح های اصلی بکار گرفته شد. معنی داری آماری ضرایب

جملات پسماند به معنی وجود مساله درون‌زایی متغیر (درآمد) خواهد بود. (دیویدسون و مک‌کینون، ۱۹۹۳)

براساس اطلاعات جدول (۲)، بجز تصریح‌های اول و سوم معادله شاخص کارایی مصرف انرژی در تمامی سایر تصریح‌ها ضرایب جملات پسماند در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند. این یافته به معنی درون‌زایی متغیر درآمد است. بنابراین همانند مطالعه و (۲۰۱۲) از روش گشتاورهای تعمیم یافته (GMM) برای تخمین معادلات استفاده شد. همچنین در برخی از تصریح‌ها از متغیر وابسته با وقفه نیز استفاده شده است که این متغیر نیز باید به عنوان یک متغیر درون‌زا تلقی شود. (بالتاجی<sup>۱</sup>، ۱۹۹۵)

جدول (۲) - نتایج حاصل آزمون درون‌زایی متغیر تولید (درآمد)

معادله شاخص شدت انرژی		معادله شاخص تغییرات ساختاری		معادله شاخص کارایی مصرف انرژی		
خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب	
۰/۰۳۶	-۰/۰۷۹***	۰/۰۰۷	۰/۰۵۷***	۰/۰۵۴	-۰/۰۹۳*	تصریح اول
۰/۰۳۸	-۰/۰۹۰***	۰/۰۱۰	۰/۰۵۰***	۰/۰۴۴	-۰/۰۹۵***	تصریح دوم
۰/۰۴۷	-۰/۰۸۱***	۰/۰۱۱	۰/۰۶۱***	۰/۰۴۳	۰/۰۸۰*	تصریح سوم
۰/۰۴۷	۰/۰۹۹***	۰/۰۱۰	۰/۰۵۶***	۰/۲۶۶	-۰/۱۳۰***	تصریح چهارم

□، «\*\*\*»، «\*\*» و «\*» به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد است. این مقادیر ضرایب جمله پسماند (اخلال) است.

مأخذ: یافته‌های تحقیق

یافته‌های مطالعه شامل سه الگو است؛ در الگوی اول و دوم شاخص شدت انرژی خود به اجزای آن تقسیم و نقش عوامل مؤثر در تغییرات هر یک از اجزای شدت انرژی مورد بررسی قرار گرفته است. این اجزا شامل شاخص کارایی مصرف انرژی و تغییرات ساختاری یا مقیاس است. در الگوی سوم همان عوامل مورد استفاده در تحلیل شاخص‌های فوق برای بیان رفتار شاخص شدت انرژی کل مورد استفاده قرار گرفته است. در مورد هر

یک از الگوها نیز چهار تصریح ارائه شده است که تفاوت آنها در استفاده از جملات توان دوم متغیرهای درآمد (تولید ناخالص داخلی) و نسبت سرمایه - نیروی کار یا سرمایه سرانه نیروی کار است. ترتیب نتایج چنین است که در جدول (۳) یافته‌های مربوط به تحلیل تغییرات شاخص کارایی مصرف انرژی ارائه شده است. در جدول (۴) یافته‌های مشابه برای شاخص تغییرات ساختاری آمده است و در نهایت در جدول (۵) نقش عوامل منتخب در توضیح تغییرات شاخص شدت انرژی کل ارائه شده است.

در جدول (۳) نتایج به دست آمده برای شاخص کارایی انرژی ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود تفاوت تصریح‌ها در استفاده از متغیرهای توان دوم درآمد (تولید ناخالص) و نسبت سرمایه - نیروی کار (سرمایه سرانه نیروی کار) است. تصریح اول بدون استفاده از مجذور متغیر درآمد و سرمایه سرانه نیروی کار برآورد شده است. در تصریح دوم توان دوم متغیر سرمایه سرانه نیروی کار و در تصریح سوم توان دوم متغیر درآمد مورد استفاده قرار گرفته است. در حالی که در تصریح چهارم از هر دو جمله توان دوم متغیرهای درآمد و سرمایه سرانه نیروی کار استفاده شده است. در تصریح دوم رابطه غیرخطی میان شاخص کارایی انرژی و سرمایه سرانه نیروی کار و در تصریح سوم همین رابطه میان درآمد و شاخص کارایی انرژی ارزیابی شده است.

با وجود آنکه رابطه غیرخطی تولید ناخالص و شاخص کارایی انرژی در تصریح سوم از نظر آماری معنی‌دار است، اما این رابطه در تصریح چهارم که به طور توأم هر دو رابطه غیرخطی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، معنی‌دار نیست، اما وجود رابطه غیرخطی میان شاخص کارایی شدت انرژی و سرمایه سرانه نیروی کار یا نسبت سرمایه - نیروی کار در هر دو تصریح دوم و چهارم مورد پذیرش قرار گرفته است.

متغیر درآمد در دو تصریح اول دارای اثر منفی است و انتظار می‌رود با افزایش درآمد شاخص کارایی انرژی کاهش یابد<sup>۱</sup>. بر اساس ضریب به دست آمده در این دو تصریح با افزایش درآمد به میزان ۱۰ درصد شاخص کارایی انرژی به ترتیب حدود ۳ و بیش از ۱/۵

۱- کاهش شاخص شدت انرژی به معنی کاهش شدت انرژی از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی است.

درصد کاهش خواهد یافت. اثر منفی درآمد بر شاخص کارایی انرژی می‌تواند به معنی پذیرش تکنولوژی‌های کاهنده مصرف انرژی به موازات افزایش درآمد باشد. (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲)

در تصریح سوم رابطه U شکل قابل تصور است، اما در تصریح چهارم رابطه غیرخطی از نظر آماری معنی‌دار نیست. بر اساس تصریح سوم نقطه عطف رابطه U شکل از مقدار فعلی درآمد فاصله زیادی ندارد و اقتصاد ایران در آستانه عبور از نقطه عطف است<sup>۲</sup> از این رو می‌توان گفت از این پس رابطه منفی میان درآمد و شاخص کارایی انرژی برقرار نخواهد بود. در خصوص این یافته می‌توان به دو پیامد اشاره کرد؛ نخست اینکه انتظار می‌رود با افزایش درآمد تقاضا برای کالاهای مختلف و از جمله انرژی افزایش یابد. این پیامد افزایش شدت انرژی را در پی خواهد داشت. دوم، انتظار می‌رود با افزایش درآمد، تمایل به استفاده از تکنولوژی کاهنده انرژی (به عنوان یک کالای مطلوب) افزایش یابد. (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲)

برآیند دو پیامد فوق می‌تواند رابطه میان درآمد و شاخص کارایی شدت انرژی را تبیین کند. وجود رابطه افزایشی پس از عبور از نقطه عطف به معنی برتری پیامد نخست بر پیامد دوم است. همانطور که در خصوص درون‌زایی متغیر درآمد (تولید ناخالص) عنوان شد، به نظر می‌رسد وجود رابطه غیرخطی معنی‌دار متغیر نسبت سرمایه! نیروی کار که دو عامل تولیدی تعیین‌کننده درآمد (تولید ناخالص) را در بر می‌گیرد موجب کاهش مساعدت متغیر درآمد (تولید ناخالص) به تبیین رفتار شاخص کارایی انرژی در تصریح چهارم شده است.

رابطه غیرخطی متغیر سرمایه سرانه نیروی کار با شاخص کارایی انرژی در دو تصریح دوم و چهارم از نظر آماری معنی‌دار بوده و مورد تأیید قرار گرفته است و به نظر می‌رسد

#### 1- Song and Zheng

۲- مقدار درآمد یا تولید ناخالص در حال حاضر بر حسب مقدار لگاریتم طبیعی حدود ۱۴/۶ است اما با توجه به تغییرات و نوسانات گسترده در اقتصاد ایران طی سال‌های اخیر و به منظور رعایت جانب احتیاط از گزاره «در آستانه عبور» استفاده شده است و منظور بیان این نکته است که اقتصاد ایران در حال حاضر فاصله چندانی با نقطه عطف به دست آمده ندارد. همچنین مقدار متناظر برای متغیر سرمایه سرانه نیروی کار یا نسبت سرمایه - نیروی کار ۵/۸ است.

وجود چنین رابطه‌ای را می‌توان پذیرفت به ویژه اینکه در هر دو تصریح نیز این رابطه به صورت U معکوس با نقطه عطف یکسان است. نقطه عطف یکسان افزون بر اعتبار بالای نتایج حاکی از اهمیت وجود چنین رابطه‌ای است.

در مطالعه وو (۲۰۱۲) در چین نیز رابطه U معکوس مشاهده می‌شود. بر اساس مقادیر نقطه عطف اقتصاد ایران در آستانه عبور از این نقطه است و در شرایط کنونی افزایش سرمایه سرانه نیروی کار با کاهش شاخص کارایی انرژی و به بیان دیگر کاهش شدت انرژی همراه خواهد شد. این یافته در انتخاب تصریح نیز مفید است، زیرا برخلاف متغیر درآمد (تولید ناخالص) در مورد سرمایه سرانه تصریح‌هایی که از توان دوم متغیر سرمایه سرانه نیروی کار بهره‌نگرفته‌اند برای تمام دوره مطالعه اثر این متغیر را بر شاخص کارایی منفی ارزیابی می‌کنند در حالی که به اعتبار مقادیر نقطه عطف، تاکنون اثر نسبت سرمایه نیروی کار بر شاخص کارایی انرژی مثبت بوده است. بنابراین در تشریح اثر نسبت سرمایه - نیروی کار باید روی تصریح‌های دوم و چهارم تمرکز بیشتری صورت گیرد.

در مطالعات دیگر مانند وو (۲۰۱۲) این متغیر به عنوان معیاری از تکنولوژی نیز مورد اشاره قرار گرفته است. بر اساس رابطه به دست آمده، افزایش نسبت سرمایه نیروی کار تاکنون موجب افزایش شدت انرژی از طریق افزایش شاخص کارایی مصرف انرژی شده است و این به معنی وجود رابطه مکملی میان انرژی و سرمایه است، اما با عبور از نقطه عطف که اقتصاد ایران در آستانه عبور از آن است، افزایش سرمایه - نیروی کار موجب کاهش شدت استفاده از انرژی از طریق کاهش شاخص کارایی استفاده از انرژی خواهد شد. این به معنی جانشینی سرمایه به جای انرژی است. این جانشینی می‌تواند به معنی بهبود تکنولوژی استفاده از انرژی و کاهش شدت انرژی باشد.

شدت انرژی در اقتصاد ایران... ۶۵

جدول (۳) - نتایج حاصل از تصریح عوامل موثر بر شاخص کارایی مصرف انرژی

متغیر	تصریح اول		تصریح دوم		تصریح سوم		تصریح چهارم	
	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب
عرض از مبدأ	(۰/۸۳۶)	۱۰/۲۰۳***	(۲/۱۱۶)	-۰/۱۳۸	(۳/۳۶۱)	۳۱/۱۲۴***	(۸/۱۳۲)	۷/۸۸۲
درآمد (تولید ناخالص داخلی)	(۰/۰۲۳)	-۰/۲۷۴***	(۰/۰۴۰)	-۰/۱۶۳***	(۰/۰۴۵۸)	-۳/۳۸۹***	(۱/۴۴۳)	-۱/۵۳۹
مجذور درآمد (تولید ناخالص داخلی)	-	-	-	-	(۰/۰۱۸)	۰/۱۱۶***	(۰/۰۵۱)	۰/۰۴۹
قیمت انرژی	(۰/۰۰۴)	-۰/۰۳۹***	(۰/۰۰۷)	-۰/۰۲۲***	(۰/۰۰۳)	-۰/۰۱۶***	(۰/۰۰۸)	-۰/۰۲۴***
سرمایه سرانه نیروی کار	(۰/۰۲۳)	-۰/۰۹۹***	(۰/۰۷۹۱)	۲/۳۴۰***	(۰/۰۳۲)	-۰/۱۵۹***	(۱/۳۰۴)	۲/۸۳۴***
مجذور سرمایه سرانه نیروی کار	-	-	(۰/۰۷۰)	-۰/۲۱۳***	-	-	(۰/۱۱۷)	-۰/۲۵۸**
شهرنشینی	(۱/۱۵۶)	-۲/۳۵۱**	(۱/۰۸۳)	-۲/۶۷۸**	(۰/۰۴۷۳)	-۱/۴۲۷***	(۰/۱۱۸)	-۲/۳۱۹*
شاخص ادغام تجاری	(۰/۰۴۲)	-۰/۰۰۷	(۰/۰۲۲)	-۰/۰۰۴	(۰/۰۱۰)	-۰/۰۵۵***	(۰/۰۳۰)	-۰/۰۰۳
سهم صنعت	(۰/۰۳۱)	۰/۱۱۳***	(۰/۰۶۵)	۰/۰۳۹	(۰/۰۱۶)	۰/۰۷۳***	(۰/۰۸۴)	۰/۰۶۲
سرمایه گذاری خارجی	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۰۱	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۰۰	(۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰	(۰/۰۰۱)	۰/۰۰۰
روند زمانی	(۰/۰۰۹)	۰/۰۳۴***	(۰/۰۰۸)	۰/۰۲۹***	(۰/۰۰۴)	۰/۰۱۷***	(۰/۰۰۹)	۰/۰۲۶***
وقفه مرتبه اول شاخص کارایی انرژی	-	-	(۰/۱۲۴)	۰/۴۱۱***	-	-	(۰/۱۱۸)	۰/۴۳۱***
درآمد نقطه عطف	-	-	-	-	-	۱۴/۵۶۴	-	۱۵/۶۴۳
سرمایه-نیروی کار نقطه عطف	-	-	-	۵/۴۹۹	-	-	-	۵/۴۹۱
آماره‌ها	R <sub>۲</sub>	۰/۹۹۲		۰/۹۹۴		۰/۹۹۱		۰/۹۹۵
	Q(۱)	۲/۷۲(۰/۱۰)		۰/۰۸(۰/۷۷)		۰/۷۱(۰/۴۰)		۰/۱۲(۰/۷۳)
	Q(۲)	۲/۸۱(۰/۲۴)		۰/۰۸(۰/۹۶)		۰/۹۵(۰/۶۲)		۰/۱۳(۰/۹۴)

مأخذ: یافته های تحقیق

قیمت انرژی مطابق انتظار در تمامی تصریح ها بر شاخص کارایی استفاده انرژی اثر منفی دارد. به بیان دیگر، از طریق بهبود کارایی استفاده از انرژی موجب کاهش شدت

انرژی خواهد شد. البته مقدار ضریب به دست آمده برای این متغیر چندان بالا نیست. به گونه‌ای که در بالاترین سطح که در تصریح اول به دست آمده است، انتظار می‌رود در ازای ۱۰ درصد افزایش قیمت حامل‌های انرژی، شاخص کارایی انرژی به میزان حدود ۰/۴ درصد کاهش یابد.

به بیان دیگر، ۱۰ درصد افزایش قیمت حامل‌های انرژی شاخص شدت انرژی را از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی حدود ۰/۴ درصد کاهش خواهد داد. این اثر قیمت می‌تواند در اثر پذیرش تکنولوژی کاهنده مصرف انرژی به وقوع بپیوندد. البته در مورد اثر قیمت می‌توان به پتانسیل بالای افزایش قیمت انرژی به دلیل سهم بالای یارانه پرداختی به حامل‌های انرژی نیز اشاره کرد. به این ترتیب که برای دستیابی به تخصیصی مبتنی بر بازار آزاد باید افزایش قیمت بالایی رخ دهد که موجب کاهش قابل ملاحظه در شدت انرژی خواهد شد.

متغیر شهرنشینی یا نسبت جمعیت شهری نیز بر شاخص کارایی اثر منفی نشان می‌دهد. اثر منفی این متغیر به معنی کاهش شاخص کارایی مصرف انرژی در اثر افزایش شهرنشینی است. به عبارت دیگر، افزایش شهرنشینی موجب کاهش شدت انرژی از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی خواهد شد. ضریب به دست آمده برای این متغیر در سطح بالایی نیز قرار دارد به گونه‌ای که در پایین‌ترین سطح که در تصریح سوم به دست آمده است، انتظار می‌رود ۱ درصد افزایش جمعیت شهری موجب کاهش شاخص کارایی شدت انرژی حدود ۱/۵ درصد شود. به عبارت دیگر، بر اساس ضریب به دست آمده در تصریح سوم، با افزایش جمعیت شهری به میزان ۱ درصد شاخص شدت انرژی از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی حدود ۱/۵ درصد کاهش خواهد یافت. در سایر تصریح‌ها این رقم فراتر از ۲/۳ درصد است. این کاهش به معنی برخورداری از صرفه‌های حاصل از مقیاس در استفاده از انرژی است. (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲) منبع دیگر این کاهش شدت انرژی می‌تواند استفاده کاراتر از منابع انرژی توسط خانوارهای شهری در مقایسه با خانوارهای روستایی باشد. (جونز<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱)



متغیرهای شاخص ادغام تجاری، سهم صنعت و سرمایه گذاری خارجی در مقایسه با سایر متغیرها هم از نظر مقدار ضریب و هم از نظر معنی داری آماری دارای اهمیت کمتری هستند. ضریب متغیر سرمایه گذاری خارجی در هیچ یک از تصریح ها معنی دار نشده است (جدول ۳). این یافته نشان دهنده عدم تمرکز بر افزایش کارایی مصرف انرژی در جذب سرمایه گذاری خارجی است. متغیر سهم صنعت نیز در تصریح های اول و سوم دارای ضریب معنی دار است و علامت آن مطابق انتظار مثبت است. البته مقدار ضریب آن در تصریح اول تنها ۰/۱۱ است (جدول ۳) به این معنی که ۱۰ درصد افزایش سهم صنعت در اقتصاد ایران تنها می تواند موجب افزایش شاخص کارایی انرژی به میزان ۱/۱ درصد شود. در مطالعه هرریاس و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) و ادم<sup>۲</sup> (۲۰۱۵) نیز اثر این متغیر بر شدت انرژی در سطح پایین به دست آمد.

شاخص ادغام تجاری نیز از اهمیت بسیار پایینی برخوردار است، زیرا تنها در تصریح سوم دارای ضریب معنی دار است و اثر آن بر شاخص کارایی انرژی در سطح پایینی قرار دارد. البته علامت آن مطابق انتظار منفی است، زیرا انتظار می رود با افزایش سطح تجارت اقتصاد یا درجه باز بودن اقتصاد به دنبال تخصیص مبتنی بر بازار آزاد، کارایی استفاده از عوامل تولید و از جمله انرژی نیز افزایش یافته و شاخص کارایی انرژی کاهش یابد. در مطالعه ادم (۲۰۱۵) نیز اثر این متغیر منفی اما در سطح بسیار پایین به دست آمد.

متغیر دیگر متغیر روند زمانی است که به عنوان معیاری از تکنولوژی مورد استفاده قرار گرفته است. علامت این متغیر مطابق انتظار منفی است و در تمامی تصریح ها از معنی داری آماری برخوردار است، اما ضریب آن دارای مقدار مطلق بالایی نیست و در بالاترین سطح انتظار می رود در ازای هر دوره و با فرض ثابت بودن سایر شرایط، شاخص کارایی انرژی کمتر از ۰/۰۴ درصد کاهش یابد.

از میان تصریح های ارائه شده در جدول (۳) بر حسب ضریب خوبی برازش نمی توان انتخاب کرد. همچنین مقادیر آماره Q نیز میزان خودهمبستگی مرتبه اول و دوم را در سطح قابل قبولی

---

1- Herrerias *et al.*

2- Adom

نشان می‌دهد. البته در تصریح اول فرضیه عدم خودهمبستگی مرتبه اول تنها در سطوح معنی داری بالاتر از ۱۰ درصد قابل پذیرش است، اما با استناد به استنباط ارائه شده در خصوص نقش متغیر سرمایه سرانه نیروی کار مشخص شد که وجود رابطه خطی چندان مورد انتظار نیست و باید بر رابطه غیرخطی اصرار بیشتری ورزید. بر پایه این استدلال تصریح‌های اول و سوم مورد تأکید نخواهد بود. همچنین در مورد متغیر تولید یا درآمد نیز وجود رابطه غیرخطی چندان مورد انتظار واقع نشد. به این ترتیب باید به تصریح دوم بیش از سایر تصریح‌ها اهمیت داد.

در جدول (۴) تصریح‌های مشابه برای شاخص تغییرات ساختاری ارائه شده است. در مورد این شاخص نیز بر اساس معیارهای خوبی برازش و همچنین آماره های  $Q$  نمی‌توان تمایز چندان میان تصریح‌ها قائل شد، از این رو باید پس از بررسی نتایج در خصوص تصریح‌ها قضاوت کرد.

درآمد در دو تصریح اول و دوم بر شاخص تغییرات ساختاری اثر مثبت نشان می‌دهد در حالی که در دو تصریح دیگر رابطه غیرخطی و  $U$  شکل مورد انتظار است. اثر مثبت درآمد بر شاخص تغییرات ساختاری در مطالعه وو (۲۰۱۲) نیز مشاهده می‌شود، اما در مطالعه سانگ و ژنگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) رابطه  $U$  معکوس مشاهده شد. مقادیر نقطه عطف به دست آمده نشان می‌دهد که در هر دو تصریح مقدار درآمد متناظر با نقطه عطف اندکی با درآمد فعلی اقتصاد ایران فاصله دارد<sup>۲</sup>. بنابراین نمی‌توان تنها رابطه افزایشی خطی میان تولید ناخالص و شاخص تغییرات ساختاری را متصور بود. بر این اساس برای بیان رابطه میان درآمد و شاخص تغییرات ساختاری تصریح‌های اول و دوم چندان مطلوب نخواهد بود. بر اساس دو تصریح اول و دوم انتظار می‌رود ۱۰ درصد افزایش در درآمد منجر به افزایش شاخص تغییرات ساختاری به ترتیب به میزان ۰/۲۶ و ۰/۴۲ درصد شود که رقم بالایی محسوب نمی‌شود، اما بر اساس تصریح‌های سوم و چهارم که نشان‌دهنده رابطه غیرخطی میان درآمد و شاخص تغییرات ساختاری هستند، پس از عبور از نقطه عطف افزایش درآمد منجر به نوعی از تغییر ساختاری در اقتصاد ایران خواهد شد

1- Song and Zheng

۲- مقدار درآمد یا تولید ناخالص در حال حاضر بر حسب مقدار لگاریتم طبیعی حدود ۱۴/۶ است.

که سهم بخش‌های دارای شدت انرژی بالاتر افزایش خواهد یافت به گونه‌ای که موجب افزایش شدت انرژی از طریق این تغییر ساختار خواهد شد.

جدول (۴) - نتایج حاصل از تصریح عوامل موثر بر شاخص تغییرات ساختاری

متغیر	تصریح اول		تصریح دوم		تصریح سوم		تصریح چهارم	
	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب
عرض از مبدأ	(۰/۱۴۷)	۳/۳۴۳***	(۰/۳۹۳)	۹/۹۴۵***	(۱/۲۱۵)	۵/۷۱۳***	(۱/۱۱۹)	۱۵/۷۹۸***
درآمد (تولید ناخالص داخلی)	(۰/۰۰۳)	۰/۰۲۶***	(۰/۰۰۹)	۰/۰۴۲***	(۰/۱۸۳)	-۰/۳۱۹*	(۰/۲۰۴)	-۰/۸۹۹***
مجذور درآمد (تولید ناخالص داخلی)	-	-	-	-	(۰/۰۰۷)	۰/۰۱۳*	(۰/۰۰۷)	۰/۰۳۴***
قیمت انرژی	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۰۵***	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۱۱***	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۰۵***	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۱۱***
سرمایه سرانه نیروی کار	(۰/۰۰۸)	۰/۰۸۰***	(۰/۲۰۳)	-۲/۲۹۵***	(۰/۰۰۷)	۰/۰۶۵***	(۰/۱۸۲)	-۲/۱۵۸***
مجذور سرمایه سرانه نیروی کار	-	-	(۰/۰۱۸)	۰/۲۰۸***	-	-	(۰/۰۱۷)	۰/۱۹۵***
شهرنشینی	(۰/۲۳۵)	۱/۴۱۰***	(۰/۲۵۱)	۱/۷۳۵***	(۰/۲۳۱)	۱/۵۳۹***	(۰/۱۷۲)	۲/۳۱۰***
شاخص ادغام تجاری	(۰/۰۰۲)	۰/۰۰۹***	(۰/۰۰۴)	۰/۰۱۸***	(۰/۰۰۲)	۰/۰۱۰***	(۰/۰۰۲)	۰/۰۱۷***
سهم صنعت	(۰/۰۱۷)	-۰/۲۲۹***	(۰/۰۱۵)	-۰/۲۶۲***	(۰/۰۱۵)	-۰/۲۲۴***	(۰/۰۱۳)	-۰/۲۵۲***
سرمایه گذاری خارجی	(۰/۰۰۰)	-۰/۰۰۰	(۰/۰۰۰)	-۰/۰۰۰	(۰/۰۰۰)	-۰/۰۰۰	(۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰***
روند زمانی	(۰/۰۰۲)	-۰/۰۱۰***	(۰/۰۰۲)	-۰/۰۱۳***	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۱۲***	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۱۸***
وقفه مرتبه اول شاخص کارایی انرژی	-	-	(۰/۰۲۵)	-۰/۰۲۴	-	-	-	-
درآمد نقطه عطف	-	-	-	-	-	۱۲/۵۳۰	-	۱۳/۳۵۲
سرمایه-نیروی کار نقطه عطف	-	-	-	۵/۵۲۷	-	-	-	۵/۵۴۱
R <sup>2</sup>		۰/۹۷۰		۰/۹۸۱		۰/۹۵۳		۰/۹۷۷
آماره‌ها	Q(۱)	۰/۶۹۵(۰/۴۰)	۱/۹۵(۰/۱۶)	۱/۹۵(۰/۱۶)	۱/۰۸(۰/۱۵)	۲/۷۴(۰/۱۰)	۲/۷۴(۰/۱۰)	۲/۷۴(۰/۱۰)
	Q(۲)	۰/۹۱(۰/۶۴)	۱/۹۵(۰/۳۷)	۱/۹۵(۰/۳۷)	۲/۱۱(۰/۳۵)	۲/۹۹(۰/۰۳)	۲/۹۹(۰/۰۳)	۲/۹۹(۰/۰۳)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جهت اثرگذاری متغیر سرمایه سرانه نیروی کار یا نسبت سرمایه-نیروی کار نیز مشابه متغیر درآمد است. این متغیر نیز رابطه غیرخطی نشان می‌دهد و این رابطه به صورت U شکل است. محاسبه مقادیر نقطه عطف برای این متغیر در تصریح‌های دوم و چهارم نیز حاکی از آن است که اقتصاد ایران در آستانه عبور از این نقطه است و انتظار می‌رود افزایش سرمایه سرانه نیروی کار موجب افزایش شاخص تغییرات ساختاری شدت انرژی شود. با توجه به معنی‌داری ضرایب جمله توان دوم متغیر سرمایه سرانه نیروی کار، تصریح‌های اول و سوم برای بیان رابطه میان سرمایه سرانه نیروی کار و شاخص تغییرات ساختاری از اهمیت کمتری برخوردار خواهد بود. در تصریح اول انتظار می‌رود ۱۰ درصد افزایش در سرمایه سرانه نیروی کار موجب افزایش شاخص تغییرات ساختاری به میزان ۰/۸ درصد شود و در تصریح سوم رقم متناظر بیش از ۰/۶ درصد است.

همانطور که عنوان شد سرمایه سرانه نیروی کار به عنوان متغیر بیانگر تکنولوژی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر این اساس و با توجه به اینکه انباشت سرمایه سرانه نیروی کار در آستانه عبور از نقطه عطف است، می‌توان گفت افزایش استفاده از سرمایه و ورود تکنولوژی به گونه‌ای موجب تغییر ساختار اقتصاد ایران می‌شود که با افزایش استفاده از انرژی نیز توأم خواهد بود. به بیان دیگر، افزایش استفاده از سرمایه در بخش‌هایی رخ می‌دهد که از نظر شدت مصرف انرژی در سطح بالایی قرار دارند. از این حیث می‌توان گفت میان سرمایه و انرژی رابطه مکملی در حال وقوع است. این رابطه تنها در خصوص آن بخش از تغییرات شدت مصرف انرژی و سرمایه قابل بیان است که در قالب شاخص تغییرات ساختاری شدت انرژی بررسی می‌شود. زیرا در الگوی قبل (جدول ۳) مشخص گردید در حوزه شاخص کارایی انرژی میان سرمایه و انرژی (شاخص کارایی انرژی) پس از عبور از نقطه عطف رابطه جانشینی حاکم خواهد بود.

قیمت انرژی در تمامی تصریح‌های ارائه شده در جدول (۴) اثر مثبتی بر انتظار و منفی دارد، اما مقدار مطلق ضریب آن در سطح بسیار پایینی قرار دارد و ۱۰ درصد افزایش قیمت انرژی ۰/۱ درصد و کمتر بر شاخص تغییرات ساختاری اثر (منفی) خواهد داشت. البته

همانطور که پیشتر نیز عنوان شد در مورد متغیر قیمت با توجه به حجم بالای یارانه انرژی می‌توان اثر افزایش قیمت ناشی از کاهش و حذف یارانه حامل‌های انرژی را بر شاخص تغییرات ساختاری نیز قابل ملاحظه عنوان کرد.

برخلاف آنچه در مورد اثر متغیر سهم جمعیت شهری یا شهرنشینی بر شاخص کارایی مشاهده شد (جدول ۳) بر اساس این تصریح افزایش شهرنشینی موجب افزایش شاخص تغییرات ساختاری شدت انرژی خواهد شد. اثر این متغیر در ازای ۱ درصد افزایش شهرنشینی در تصریح‌های مختلف  $2/4-1/4$  درصد است که در مقایسه با اثر سایر متغیرها بسیار قابل ملاحظه است، به این معنی که با افزایش جمعیت شهری تغییرات ساختاری در اقتصاد ایران به نحوی رخ می‌دهد که سهم بخش‌های انرژی‌بر در اقتصاد افزایش یافته و موجب افزایش شدت انرژی خواهد شد. از جمله این موارد افزایش خدمات شهری مانند حمل و نقل شهری، دفع فاضلاب و زباله‌ها است. (مالدر و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴)

متغیر حائز اهمیت دیگر در این تصریح، سهم صنعت از تولید ناخالص داخلی است. در حالی که اثر آن بر شاخص کارایی انرژی در الگوی قبل چندان قابل توجه ارزیابی نشد (جدول ۳) اما در این الگو هم از نظر سطح معنی‌داری آماری و هم از نظر مقدار مطلق ضریب به دست آمده حائز اهمیت است به گونه‌ای که انتظار می‌رود با افزایش سهم صنعت در اقتصاد ایران به میزان ۱ درصد، شاخص تغییرات ساختاری بیش از  $0/2$  درصد کاهش یابد (جدول ۴). این یافته نشان می‌دهد الگوی توسعه صنعتی هر چند از طریق افزایش اثر کارایی مصرف انرژی موجب افزایش شدت استفاده از انرژی می‌شود (جدول ۳) اما تغییرات ساختاری ایجاد شده ناشی از آن زمینه کاهش شدت انرژی را فراهم می‌کند و توسعه صنعتی لزوماً موجب تغییر ساختار به نفع بخش‌های انرژی‌بر نخواهد شد. از نکات حائز اهمیت آن است که ضرایب به دست آمده برای این متغیر در تصریح‌های مختلف بسیار به یکدیگر نزدیک است.

متغیرهای شاخص ادغام تجاری و سرمایه‌گذاری خارجی از جهت مقدار مطلق ضریب به دست آمده دارای اهمیت پایین هستند (جدول ۴) به ویژه ضریب به دست آمده برای متغیر سرمایه‌گذاری خارجی به سهولت قابل اغماض است و در مورد شاخص ادغام تجاری نیز به نظر می‌رسد افزایش تجارت در اقتصاد ایران به میزان ۱۰ درصد حداکثر کمتر از ۰/۲ درصد افزایش در شاخص تغییرات ساختاری را به همراه خواهد داشت. به این معنی که الگوی تولید به شیوه‌ای تغییر خواهد کرد که ضمن بهبود کارایی مصرف انرژی (با استناد به نتایج جدول ۳) موجب افزایش سهم بخش‌های انرژی‌بر در اقتصاد ایران خواهد شد. روند زمانی نیز مطابق انتظار و همانند الگوی قبل بر شاخص تغییرات ساختاری اثر منفی دارد و زمینه کاهش نامحسوس شدت انرژی را فراهم می‌کند، زیرا ضریب این متغیر در دامنه ۰/۰۳-۰/۰۱ قرار دارد.

در تصریح‌های ارائه شده در جدول (۴) رابطه غیرخطی میان شاخص تغییرات ساختاری و متغیرهای درآمد (تولید ناخالص داخلی) و سرمایه‌سرانه نیروی کار همواره مورد پذیرش قرار گرفته است. بنابراین ترجیح با تصریح چهارم خواهد بود که در آن برای هر دو متغیر رابطه غیرخطی لحاظ شده است. در این تصریح مشاهده می‌شود که تمامی متغیرهای مورد استفاده دارای سطح معنی‌داری بالایی هستند، اما با توجه به ضرایب به دست آمده متغیرهای سرمایه‌گذاری خارجی، شاخص ادغام تجاری و روند زمانی از اهمیت کمتری برخوردار هستند.

در جدول (۵) یافته‌های به دست آمده برای شاخص شدت انرژی یا شاخص کل شدت انرژی ارائه شده است که در واقع تغییرات هر دو جز کارایی مصرف انرژی و تغییرات ساختاری را دربر می‌گیرد. همانند آنچه در مورد روند تغییرات شاخص‌های ذکر شده در نمودار (۱) مشاهده شد، در خصوص تحلیل رگرسیون نیز یافته‌های به دست آمده برای شاخص شدت انرژی تا حدود زیادی مشابه نتایج به دست آمده برای شاخص کارایی مصرف انرژی است که در جدول (۳) ارائه شد. مهم‌ترین تفاوت تأیید رابطه غیرخطی میان درآمد (تولید ناخالص) و شدت انرژی است. در حالی که در مورد شاخص کارایی این رابطه چندان مورد توجه نبود. اثر غیرخطی متغیر درآمد در هر دو تصریح (سوم و چهارم) به سهولت مشاهده می‌شود. رابطه غیرخطی میان متغیر سرمایه‌سرانه نیروی کار و شاخص

شدت انرژی نیز در هر دو تصریح (دوم و چهارم) مورد تأکید قرار گرفته است (جدول ۵). به این ترتیب می‌توان گفت تصریح چهارم که دربرگیرنده رابطه غیرخطی هر دو متغیر یاد شده با شاخص شدت انرژی است از امکان بیشتری برای تبیین تغییرات شدت انرژی برخوردار است. البته در برخورد با نتایج این تصریح لازم است اندکی با احتیاط رفتار شود، زیرا رابطه غیرخطی متغیر درآمد در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد و بیشتر معنی‌دار است. محاسبه مقادیر نقطه عطف نشان داد که در مورد هر دو متغیر اقتصاد ایران در آستانه عبور از نقطه عطف است، به این معنی که با افزایش درآمد از این پس شدت انرژی تمایل به افزایش خواهد داشت در حالی که با افزایش سرمایه سرانه نیروی کار، شدت انرژی رو به کاهش خواهد رفت.

از معدود مطالعاتی که رابطه غیرخطی متغیرهای یاد شده را آزمون کرده‌اند، می‌توان به سانگ و ژنگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) اشاره کرد که میان درآمد و شدت انرژی رابطه U شکل و میان سرمایه سرانه نیروی کار و شدت انرژی رابطه‌ای به صورت U معکوس ارزیابی کردند. در خصوص رابطه میان سرمایه سرانه نیروی کار و انرژی در تشریح نتایج جدول (۳) توضیح داده شد. همچنین نمونه‌ای از رابطه مشابه میان درآمد و شدت انرژی در نتایج مربوط به شاخص تغییرات ساختاری (جدول ۴) مشاهده شد.

قیمت انرژی همانند دو الگوی قبل اثر منفی بر شدت انرژی دارد که البته مقدار ضریب آن در سطح پایینی قرار دارد و در بالاترین سطح، کاهش شاخص شدت انرژی در اثر افزایش قیمت به میزان ۱۰ درصد کمتر از ۰/۴ درصد است. اثر منفی اما اندک قیمت بر شدت انرژی در مطالعات دیگر (عمادزاده و همکاران، ۱۳۸۲؛ هرریاس و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۳؛ سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲) نیز مشاهده می‌شود. البته برخی از مطالعات مانند عبدلی و ایرانشاهی (۱۳۹۳)، آرمن و تقی‌زاده (۱۳۹۲) و ادم (۲۰۱۵) اثر منفی نسبتاً قابل ملاحظه برای قیمت ارزیابی کرده‌اند.

---

1- Song and Zheng

2- Herrerias *et al.*

متغیر شهرنشینی نیز همانند آنچه در مورد اثر آن بر متغیر شاخص کارایی انرژی مشاهده شد بر شاخص شدت انرژی اثر منفی دارد. با توجه به اثر مثبت شهرنشینی بر شدت انرژی از طریق شاخص تغییرات ساختاری (جدول ۴) در جدول (۵) نیز مشاهده می‌شود که اثر این متغیر بر شدت انرژی کمتر از اثر آن بر شاخص کارایی است. در تصریح سوم کاهش شاخص شدت انرژی در اثر یک درصد افزایش جمعیت شهری کمتر از ۰/۸ درصد است اما در سایر تصریح‌ها این رقم بالاتر از ۱/۸ درصد است و در تصریح چهارم که دارای ترجیح تلویحی بر سایر تصریح‌ها است، رقم یاد شده حدود ۲/۲ درصد است. این کاهش شدت انرژی بیشتر از طریق بهبود در کارایی مصرف انرژی حاصل می‌شود. این یافته دال بر کارایی بالاتر استفاده از انرژی در میان جمعیت شهری در مقایسه با جمعیت روستایی و وجود صرفه‌های حاصل از مقیاس است.

شاخص‌های ادغام تجاری و سرمایه‌گذاری خارجی هر یک تنها در یک تصریح دارای ضریب معنی‌دار هستند که در مورد سرمایه‌گذاری خارجی مقدار بسیار پایین ضریب به دست آمده حاکی از اثر قابل اغماض سرمایه‌گذاری خارجی بر شدت انرژی است. شاخص ادغام تجاری نیز اثر روشنی بر شدت انرژی نشان نمی‌دهد و می‌توان آن را فاقد اثر قابل ملاحظه بر شدت انرژی در اقتصاد ایران عنوان نمود. در مطالعه ادم (۲۰۱۵) نیز مساعدت این متغیرها به شدت انرژی در نیجریه در سطح پایین به دست آمد.

سهم صنعت نیز در اغلب تصریح‌ها بر شاخص شدت انرژی اثر منفی نشان می‌دهد، اما ضریب آن در سطح بالایی قرار ندارد. پیشتر نیز مشاهده شد که افزایش سهم صنعت از طریق بهبود در ساختار اقتصاد می‌تواند زمینه کاهش شدت انرژی را فراهم کند (جدول ۴). در اینجا اثر آن کمتر از ۱ درصد به ازای ۱۰ درصد افزایش در سهم صنعت در اقتصاد ایران است. البته در مطالعاتی مانند هرریاس و همکاران (۲۰۱۳) و ادم (۲۰۱۵) اثر افزایش سهم صنعت بر شدت انرژی در مورد اغلب حامل‌های انرژی هر چند اندک، اما مثبت به دست آمد. یافته‌های سیف (۱۳۸۷) نیز به طور تلویحی حاکی از چنین مساعدتی در میان کشورهای مختلف جهان است، زیرا مشخص شد افزایش سهم خدمات می‌تواند موجب کاهش شدت انرژی در میان کشورها شود. همچنین اثر متغیر روند زمانی بر بهبود شاخص شدت انرژی کمتر از ۰/۳ درصد در ازای هر ۱۰ دوره است.



شدت انرژی در اقتصاد ایران... ۷۵

جدول (۵) - نتایج حاصل از تصریح عوامل موثر بر شاخص شدت انرژی

متغیر	تصریح اول		تصریح دوم		تصریح سوم		تصریح چهارم	
	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب	خطای معیار	ضریب
عرض از مبدأ	(۰/۷۱۶)	۹/۴۸۴***	(۱/۱۷۸)	۲/۸۲۰**	(۱/۰۴۸)	۳۵/۶۳۶***	(۶/۴۸۳)	۱۱/۷۹۸*
درآمد (تولید ناخالص داخلی)	(۰/۰۲۰)	۰/۲۴۴***	(۰/۰۲۳)	-۰/۱۶۵***	(۰/۱۴۸)	-۴/۰۶۶***	(۱/۰۰۷)	-۲/۰۳۰*
مجذور درآمد (تولید ناخالص داخلی)	-	-	-	-	(۰/۰۰۵)	۰/۱۴۱***	(۰/۰۳۵)	۰/۰۶۷*
قیمت انرژی	(۰/۰۰۴)	-۰/۰۳۸***	(۰/۰۰۵)	-۰/۰۲۵***	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۲۲***	(۰/۰۰۷)	-۰/۰۲۴***
سرمایه سرانه نیروی کار	(۰/۰۱۸)	-۰/۰۶۲***	(۰/۰۱۵)	۱/۷۵۸***	(۰/۰۱۱)	-۰/۱۴۵***	(۰/۶۹۳)	۲/۶۹۵***
مجذور سرمایه سرانه نیروی کار	-	-	(۰/۰۴۶)	-۰/۱۶۱***	-	-	(۰/۰۶۲)	-۰/۲۴۶***
شهرنشینی	(۱/۰۸۸)	-۱/۸۴۱*	(۰/۶۳۴)	-۲/۴۴۸***	(۰/۱۵۱)	-۰/۷۹۸***	(۰/۹۱۳)	-۲/۱۸۰**
شاخص ادغام تجاری	(۰/۰۳۸)	۰/۰۰۸	(۰/۰۲۱)	۰/۰۰۴	(۰/۰۰۳)	-۰/۰۷۱***	(۰/۰۲۹)	-۰/۰۱۱
سهم صنعت	(۰/۰۳۵)	-۰/۰۶۳*	(۰/۰۳۵)	-۰/۰۹۱***	(۰/۰۰۵)	-۰/۰۹۱***	(۰/۰۴۵)	-۰/۰۴۸
سرمایه گذاری خارجی	(۰/۰۰۱)	-۱/۰۰۱	(۰/۰۰۲)	-۰/۰۱۱***	(۰/۰۰۰)	-۰/۰۰۰	(۰/۰۰۱)	۰/۰۰۱
روند زمانی	(۰/۰۰۸)	-۰/۰۳۰***	(۰/۰۰۵)	۰/۰۳۱***	(۰/۰۰۱)	-۰/۰۱۱***	(۰/۰۰۶)	۰/۰۲۵***
وقفه مرتبه اول شاخص کارایی انرژی	-	-	(۰/۱۱۳)	۰/۱۸۰	-	-	(۰/۰۹۶)	۰/۴۱۰***
درآمد نقطه عطف	-	-	-	-	-	۱۴/۴۳۵	-	۱۵/۱۷۹
سرمایه-نیروی کار نقطه عطف	-	-	-	۵/۴۵۱	-	-	-	۵/۴۷۸
آماره‌ها	R <sup>2</sup>	۰/۹۷۰	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶	۰/۹۹۲	۰/۹۹۲	۰/۹۹۶	۰/۹۹۶
	Q(۱)	۰/۶۹۵(۰/۴۰)	۰/۵۱(۰/۴۷)	۱/۹۲(۰/۱۶)	۱/۹۲(۰/۱۶)	۱/۹۲(۰/۱۶)	۱/۹۲(۰/۱۶)	۰/۲۵(۰/۶۱)
	Q(۲)	۰/۹۱(۰/۶۴)	۰/۵۶(۰/۷۵)	۱/۹۶(۰/۳۷)	۱/۹۶(۰/۳۷)	۱/۹۶(۰/۳۷)	۱/۹۶(۰/۳۷)	۱/۲۴(۰/۸۸)

مأخذ: یافته های تحقیق

## ۵- جمع‌بندی و پیشنهادها

به موازات تمرکز روی حجم بالای یارانه پرداختی به انرژی، شدت بالای استفاده از انرژی نیز همواره مورد بحث بوده است. برخی از مطالعات نیز یارانه را علت شدت بالای استفاده از انرژی عنوان کرده‌اند. (باستانزاد و نیلی، ۱۳۸۴) این مطالعه با تجزیه شدت انرژی به دو جزء تغییرات کارایی و تغییرات ساختاری و شناخت عوامل مؤثر بر آنها امکان تحلیل دقیق‌تر را فراهم می‌آورد.

تجزیه شدت انرژی نشان داد در دوره منتخب هر چند سهم شاخص کارایی رو به کاهش بوده، اما در مجموع بیش از ۸۰ درصد از افزایش شدت انرژی در اقتصاد ایران ناشی از کاهش کارایی استفاده از انرژی و کمتر از ۲۰ درصد آن نیز ناشی از افزایش تمرکز تولید در بخش‌های انرژی بر (تغییرات ساختاری) بوده است. از همین رو شباهت میان عوامل تعیین‌کننده کارایی انرژی و شدت انرژی بیش از شباهت میان عوامل مؤثر بر شدت انرژی و تغییرات ساختاری است. بر همین اساس توصیه می‌شود روی بهبود کارایی استفاده از انرژی تمرکز بیشتری صورت گیرد تا تغییر در ساختار استفاده از انرژی. در مطالعات مشابه در چین نیز مشاهده شد که تغییرات شدت انرژی بیشتر ناشی از تغییرات در شاخص کارایی است. (وو، ۲۰۱۲؛ سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲) یافته‌های مشابهی در ایران نیز مشاهده می‌شود. (شریفی و همکاران، ۱۳۸۷؛ ابونوری و نیکبان، ۱۳۸۸)

یافته‌ها نشان داد شاخص کارایی انرژی و شاخص کل شدت انرژی از درآمد (تولید ناخالص داخلی)، سرمایه سرانه نیروی کار و شهرنشینی بیش از سایر متغیرها متأثر می‌شود. در تصریح تغییرات ساختاری افزون بر متغیرهای یاد شده سهم صنعت نیز تعیین‌کننده ارزیابی شد. اثر سایر متغیرها بر شاخص‌های شدت انرژی در سطح بسیار پایین تری قرار دارد. البته در مورد نقش قیمت باید به پتانسیل بالای افزایش قیمت ناشی از حذف یارانه حامل‌های انرژی و پتانسیل بالای کاهش شدت انرژی اشاره کرد.

در مطالعه فرج‌زاده و بخشوده (۲۰۱۵) کاهش مصرف انرژی در فرآیند تولید پس از حذف یارانه حامل‌های انرژی بیش از ۱۵ درصد برآورد شد. بر اساس این استدلال،

افزایش قیمت انرژی (البته به صورت تدریجی) که همانا نزدیک شدن به الگوی تخصیص مبتنی بر مکانیزم بازار آزاد نیز است، توصیه می‌شود.

متغیر سرمایه سرانه نیروی کار با شاخص کارایی انرژی رابطه غیرخطی نشان داد و مشخص شد انباشت سرمایه سرانه نیروی کار در آستانه عبور از نقطه عطف است و از این پس انتظار می‌رود افزایش سرمایه سرانه نیروی کار زمینه کاهش شدت استفاده از انرژی را از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی فراهم کند.

متغیر سرمایه سرانه نیروی کار از آن جهت حایز اهمیت زیاد است که به عنوان نموداری از تکنولوژی نیز مورد توجه است. به همین دلیل این یافته به معنی آن است از این پس (با توجه به نقطه عطف به دست آمده) افزایش انباشت سرمایه با ورود تکنولوژی کاهنده شدت استفاده از انرژی همراه خواهد بود. این مساعدت سرمایه سرانه نیروی کار به کاهش شدت انرژی از طریق بهبود کارایی استفاده از انرژی تا آن حد حائز اهمیت است که حتی با وجود اثر مثبت آن بر شاخص تغییرات ساختاری شدت انرژی بر کل شدت انرژی نیز اثر منفی داشته و موجب کاهش آن می‌شود. بنابراین افزایش انباشت سرمایه سرانه نیروی کار توصیه می‌شود. در خصوص رابطه غیرخطی میان سرمایه سرانه نیروی کار و شدت انرژی یافته‌های مشابهی در چین (وو، ۲۰۱۲؛ سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲) نیز مشاهده می‌شود. این در حالی است که اندرسون و کارپستم<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) اثر افزایش سرمایه را روی شدت انرژی برای گروهی از کشورهای توسعه یافته اروپای غربی و امریکا و دو کشور هند و چین مثبت ارزیابی کردند.

متغیر روند زمانی نیز به عنوان معیار دیگری از تکنولوژی تلقی می‌شود که مطابق انتظار و هماهنگ با مطالعات یاد شده بر شدت انرژی اثر منفی نشان داد، اما با توجه به ضریب بسیار پایین آن در مقایسه با متغیر سرمایه سرانه نیروی کار دارای اهمیت به مراتب پایین تر است.

افزایش درآمد (تولید ناخالص داخلی) از طریق شاخص کارایی انرژی باعث کاهش اندک شدت انرژی می‌شود، اما با توجه به رابطه غیرخطی آن با شاخص تغییرات ساختاری و نقطه عطف به دست آمده، انتظار می‌رود زمینه افزایش شدت انرژی را فراهم کند. در تصریح شاخص شدت انرژی کل (جدول ۵) نیز مشخص شد با توجه به نقطه عطف به دست آمده از این پس افزایش درآمد موجب افزایش شدت انرژی خواهد شد که در واقع برآیند اثر مثبت و محسوس آن بر شاخص تغییرات ساختاری و اثر غیرمحسوس و منفی آن بر شاخص کارایی مصرف انرژی است. اثر مثبت درآمد بر شدت انرژی می‌تواند به معنی افزایش مصرف کالاهای انرژی‌بر و نوعی از تغییر الگوی زندگی باشد (سانگ و ژنگ، ۲۰۱۲) بنابراین توصیه می‌شود همزمان با رصد شدت انرژی در تولید، تغییر الگوی مصرف انرژی در مصرف نهایی در میان خانوارها نیز تعقیب شود. این اثر در تحلیل اثر متغیر شهرنشینی نیز مورد بحث بیشتر قرار گرفته است.

افزایش سهم جمعیت شهری از طریق تغییرات ساختاری موجب افزایش شدت استفاده از انرژی می‌شود. این تغییرات می‌تواند ناشی از افزایش تقاضا برای مواردی مانند حمل و نقل (جونز<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱؛ هولتدال و جولتز<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴)، خدمات شهری دفع فاضلاب و زباله‌ها (مالدر و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۴) و به طور کلی افزایش تقاضا برای کالاهای تامین‌کننده رفاه که به نوعی انرژی‌بر هستند، (اندرسون و کارپستم، ۲۰۱۳) باشد.

نتایج همچنین نشان داد می‌توان از طریق بهبود کارایی مصرف انرژی موجب کاهش شدت استفاده از انرژی شد. این بهبود می‌تواند از طریق صرفه‌های حاصل از مقیاس و بهبود کارایی مصرف انرژی فراهم شود. (جونز، ۱۹۹۱)

افزایش در بهبود کارایی به نحوی است که در مجموع افزایش سهم جمعیت شهری موجب کاهش شدت مصرف انرژی خواهد شد. ممکن است بخشی از کارایی پایین

---

1- Jones

2- Holtedahl and Joutz

3- Mulder *et al.*

مصرف انرژی در الگوی زندگی روستایی ناشی از پراکندگی آنها باشد که با انتقال آنها به مناطق شهری، صرفه‌های مقیاس حاصل می‌شود.

در عین حال باید توجه داشت که در حال حاضر بیش از ۷۱ درصد جمعیت ایران در مناطق شهری زندگی می‌کنند (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) و با نگاه به متوسط جهانی نرخ شهرنشینی در کشورهای توسعه‌یافته که ۸۰-۷۰ درصد است (WDI<sup>۱</sup>, ۲۰۱۲) ممکن است از ناحیه انتقال جمعیت روستایی به مناطق شهری پتانسیل چندانی برای کاهش شدت انرژی در دسترس نباشد. به هر حال در شرایط فعلی افزون بر موارد دیگر مانند ضرورت انتقال عوامل تولید از مناطق روستایی و یا تلاش در جهت کاهش شکاف شهری-روستایی از نگاه کاهش شدت انرژی نیز انتقال جمعیت قابل توصیه است.

در مجموع اثر متغیرهای شاخص ادغام تجاری و سرمایه‌گذاری خارجی بر شاخص‌های شدت انرژی چندان حائز اهمیت ارزیابی نشد. از جهت نظری، افزایش این متغیرها به معنی نزدیک شدن به اقتصاد مبتنی بر مکانیزم بازار آزاد و در نتیجه کاهش شدت انرژی است، اما به نظر می‌رسد اقتصاد ایران در حوزه این متغیرها بهره‌ای نبرده است.

در خصوص سرمایه‌گذاری خارجی بیشتر ایده آن است که بنگاه‌های خارجی از کارایی بالاتر در تولید برخوردارند. (اسکلند و هریسون<sup>۲</sup>، ۲۰۰۳) این یافته مطالعه به طور تلویحی می‌تواند به معنی هدایت جریان تجارت و جریان ورود سرمایه‌گذاری خارجی به سویی باشد که منطق بازار آزاد از آن حمایت نمی‌کند، به این معنی که افزایش متغیرهای فوق در شرایط «توام با مداخله» صورت گرفته است و از همین رو پیامد مطلوب مورد انتظار را که همانا کاهش شدت استفاده از انرژی است فراهم نکرده است. البته در حوزه تجارت تنوع بسیار پایین سبد صادراتی با محوریت انرژی خود می‌تواند دلیل دیگر بر این یافته باشد. به طور مشخص لازم است زمینه تجارت متنوع و ورود سرمایه‌گذاری خارجی بر اساس مزیت طبیعی در اقتصاد فراهم شود و از ایجاد مزیت کاذب خودداری شود.

---

1- World Development Indicators

2- Eskeland and Harrison

شاخص سهم صنعت اثر معنی داری بر شدت انرژی نشان نداد. البته مشاهده شد که حتی موجب کاهش اندک شدت انرژی از طریق تغییرات ساختاری خواهد شد، اما این یافته از این جهت که توسعه صنعتی مانعی برای کاهش شدت انرژی نیست، حائز اهمیت است، زیرا همانگونه که در مطالعه وانگ<sup>۱</sup> (۲۰۱۳) نیز مشاهده می شود در مورد اغلب حامل های انرژی در چین، افزایش سهم صنعت با افزایش شدت انرژی توأم بوده است. در مطالعه هرریاس و همکاران (۲۰۱۳) و ادم (۲۰۱۵) نیز هر چند اندک اما اثر مثبت افزایش تولید صنعتی بر شدت انرژی احراز شده است. این یافته برای اقتصاد ایران از جهت دیگری نیز حائز اهمیت است؛ به این ترتیب که برای تعییب اهداف کلان اقتصادی مانند اشتغال با توجه به ظرفیت بالای بخش صنعت در ایجاد اشتغال (ترحمی و اسفندیاری، ۱۳۸۹) به طور ویژه روی این بخش تمرکز خواهد شد. مهم آن است که این تمرکز افزون بر اینکه می تواند به هدف ایجاد اشتغال مساعدت نماید، موجب افزایش شدت مصرف انرژی نیز نخواهد شد، از همین رو توسعه صنعتی توصیه می شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## ۶- منابع

### الف) فارسی

- ۱- ابونوری، ع. و آ. نیکبان (۱۳۸۸)، «عوامل موثر بر شدت مصرف انرژی به روش دیویزیا (مطالعه موردی سیمان تهران)»، فصلنامه مدل سازی اقتصادی، ۷: ۷۷-۹۲
- ۲- آرمن، س. ع. و ر. ا. زارع (۱۳۸۴)، «بررسی رابطه علیت گرنجری بین مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران طی سال‌های ۱۳۴۶-۱۳۸۱»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال هفتم، شماره ۲۴: ۱۱۷-۱۴۳
- ۳- آرمن، س. ع. و س. تقی‌زاده (۱۳۹۲)، «بررسی عوامل مؤثر بر شدت انرژی در صنایع کارخانه‌ای ایران»، فصلنامه اقتصاد انرژی ایران، ۸: ۱-۲۰
- ۴- آماده، ح. قاضی، م. و ز. عباسی‌فر (۱۳۸۸)، «بررسی رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی و اشتغال در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران»، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۶: ۱-۳۸
- ۵- باستانزاد، ح. و ف. نیلی (۱۳۸۴)، «تحلیل سیاستی قیمت‌گذاری حامل‌های انرژی در اقتصاد ایران»، تحقیقات اقتصادی، ۶۸: ۲۰۱-۲۲۶
- ۶- بانک مرکزی ایران، (۱۳۹۱)، پایگاه اطلاعاتی بانک مرکزی، اطلاعات سری‌های زمانی
- ۷- ترحمی، ف. و ع. ا. اسفندیاری (۱۳۸۹)، «رتبه‌بندی پتانسیل‌های تولیدی و اشتغال‌زایی بخش‌های اقتصاد ایران»، پژوهشنامه اقتصادی، ۲۸۶-۲۶۷
- ۸- راسخی، س. و پ. سلمانی (۱۳۹۲)، «رابطه شدت انرژی و کارایی اقتصادی در کشورهای منتخب با استفاده از الگوی گشتاور تعمیم یافته: کاربردی از تحلیل پنجره‌های پوششی داده‌ها»، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال بیست و یکم، ۶۷: ۵-۲۴

۸۲ پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، سال چهارم، شماره ۱۵، تابستان ۱۳۹۴

۹- سلیمی فر، م. حق نژاد، ا. و م. رحیمی (۱۳۹۳)، «بررسی تأثیر عوامل تولید بر شدت مصرف انرژی در ایران: یک تجزیه و تحلیل مبتنی بر تابع تولید کاب - داگلاس»، دانش و توسعه، ۳۴: ۱۹۲-۲

۱۰- سیف، ا. م. (۱۳۸۷)، «شدت انرژی: عوامل تأثیرگذار و تخمین یک تابع پیشنهادی»، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۱۸: ۲۰۱-۱۷۷

۱۱- شریفی، ع. م. صادقی، م. نفر، م. و ز. دهقان شبانی (۱۳۸۷)، «تجزیه شدت انرژی در صنایع ایران»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۳۵: ۱۱۰-۷۹

۱۲- شهبازی، ک. و د. حمیدی رزی (۱۳۹۳)، «همگرایی شدت انرژی بین کشورهای عضو اوپک (یک رویکرد دوجانبه)»، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۷۱: ۱۹۸-۱۷۳

۱۳- صادقی، س. ک. و س. سجودی (۱۳۹۰)، «مطالعه عوامل مؤثر بر شدت انرژی در بنگاه‌های صنعتی ایران»، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۲۹: ۱۸۰-۱۶۳

۱۴- عبدلی، ق. و ز. ایرانشاهی (۱۳۹۳)، «تحلیل اقتصادسنجی عوامل کلیدی مؤثر بر بهبود شدت انرژی در صنایع فعال در بورس اوراق بهادار تهران»، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۷۱: ۱۲۴-۱۰۳

۱۵- عمادزاده، م. شریفی، ع. م. دلالی اصفهانی، ر. و م. صفدری (۱۳۸۲)، «تحلیلی از روند شدت انرژی در کشورهای OECD»، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، ۲۸: ۱۱۸-۹۵

۱۶- فرج زاده، ز. (۱۳۹۱)، اثرات زیست‌محیطی و رفاهی اصلاح سیاست‌های تجاری و انرژی در ایران، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شیراز، شیراز

۱۷- مرکز آمار ایران (۱۳۹۰)، پایگاه اطلاعات نشریات

۱۸- وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی (۱۳۸۷)، بانک اطلاعات انرژی، ترازنامه انرژی

<http://pep.moe.org.ir/Homepage.aspx?site=pep.moe.org&tabid=7314&lang=fa-IR>



ب) انگلیسی

- 1- Adom, P. K. (2015), "Asymmetric Impacts of the Determinants of Energy Intensity in Nigeria", *Energy Economics*, 49: 570–580.
- 2- Andersson, F. A., Karpestam, P. (2013), "CO2 Emissions and Economic Activity: Short-and Long-run Economic Determinants of Scale, Energy Intensity and Carbon Intensity", *Energy Policy*, 61: 1285–1294 .
- 3- Ang, B. W. (2005), "The LMDI Approach to Decomposition Analysis: A Practical Guide", *Energy Policy*, 33: 867–871.
- 4- Ang, B. W., Liu, F.L., Chew, E. p. (2003), "Perfect Decomposition Techniques in Energy and Environmental Analysis", *Energy Policy*, 31: 1561–1566.
- 5- Aqeel, A. and Butt, M. S. (2001), "The Relationship between Energy Consumption and Economic Growth in Pakistan", *Asia-Pacific Development Journal*, 8: 101-110.
- 6- Baltagi, B.H. (1995), *Econometric Analysis of Panel Data*, Wiley, New York.
- 7- Cleveland, C. J. (1994), "Energy and US Economy: A Biophysical Perspective", *Science*, 225 (4665): 890-897.
- 8- Davidson, R., MacKinnon, J. G. (1993), *Estimation and Inference in Econometrics*, Oxford University Press, New York.
- 9- Dube, I. (2003), "Impact of Energy Subsidies on Energy Consumption and Supply in Zimbabwe, Do the Urban Poor Really Benefit?", *Energy Policy*, 31: 1635–1645.
- 10- Erdal, G., Erdal, H., Esengün, K.(2008), "The Causality between Energy Consumption and Economic Growth in Turkey", *Energy Policy*, 36: 3838-3842.
- 11- Eskeland, G.S., Harrison, A.E. (2003), "Moving to Greener Pastures? Multinationals and the Pollution haven Hypothesis", *Journal of Development Economics*, 70: 1–23.
- 12- Farajzadeh, Z. Bakhshoodeh, M. (2015), "Economic and Environmental Analyses of Iranian Energy Subsidy Reform Using

- Computable General Equilibrium (CGE) Model", *Energy for Sustainable Development*, 27: 147–154.
- 13- Gangopadhyay, S., Ramaswami, B., Wadhwa, W. (2005), "Reducing Subsidies on Household Fuels in India: How will it Affect the Poor?", *Energy Policy*, 33 (18): 2326–2336.
- 14- Glashur, Y. U. (2002), "Energy and National Income in Korea: Further Evidence on the Role of Omitted Variables", *Energy Economics*, 24: 355-365 .
- 15- Grossman, G., Helpman, E. (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press, Cambridge.
- 16- Halkos, G. E. Paizanos, E. A. (2013), "The Effect of Government Expenditure on the Environment: An Empirical Investigation", *Ecological Economics*, 91: 48–56 .
- 17- Herrerias, M. J., Cuadros, A., Orts, V. (2013), "Energy Intensity and Investment Ownership Across Chinese Provinces", *Energy Economics*, 36: 286–298.
- 18- Holmes, T.J., Schmitz, J.A. (2001), "Competition at Work: Railroads VS. Monopoly in the U.S.", *Shipping Industry Q. Rev.* 3–29.
- 19- Holtedahl, P., Joutz, F.L.(2004), "Residential Electricity Demand in Taiwan", *Energy Economics*, 26: 201–224.
- 20- Hubler, M. (2011), "Technology Diffusion under Contraction and Convergence: A CGE Analysis of China", *Energy Econ.*, 33: 131–142.
- 21- IEA (1999), *World Energy Outlook Insights, Looking at Energy Subsidies: Getting the Prices Right. OECD*, Paris.
- 22- Jones, D.W. (1991), "How Urbanization Affects Energy Use in Developing Countries", *Energy Policy*, 19 (7): 621–630.
- 23- Kebede, B. (2006), "Energy Subsidies and Costs in Urban Ethiopia: The Cases of Kerosene and Electricity", *Renewable Energy*, 31: 2140–2151.
- 24- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C. B., Schmidt, P. Shin, Y. (1992), "Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root: How Sure are We that Economic Time Series have a Unit Root?", *Journal of Econometrics*, 54: 159-178 .

- 25- Lin, B., Jiang, Z. "Estimates of Energy Subsidies in China and Impact of Energy Subsidy Reform", *Energy Economics*, 33: 273–283.
- 26- Liu, W., Li, H. (2011), "Improving Energy Consumption Structure: A Comprehensive Assessment of Fossil Energy Subsidies Reform in China", *Energy Policy*, 39: 4134–4143.
- 27- Ma, B. (2015), "Does Urbanization Affect Energy Intensities Across Provinces in China? Long-run Elasticities Estimation Using Dynamic Panels with Heterogeneous Slopes", *Energy Economics*, 49: 390–401.
- 28- Ma, H., Oxley, L., Gibson, J. (2009), "Substitution Possibilities and Determinants of Energy Intensity for China", *Energy Policy*, 37 (5): 1793–1804.
- 29- Marrero, G.A. (2010), "Greenhouse Gases Emissions, Growth and the Energy Mix in Europe", *Energy Econ.*, 32: 1356–1363.
- 30- Menyah, K., Wolde-Rufael, Y. (2010), "Energy Consumption, Pollutant Emissions and Economic Growth in South Africa", *Energy Econ.*, 32: 1374–1382.
- 31- Mulder, P., de Groot, H. L. F., Pfeiffer, B. (2014), "Dynamics and Determinants of Energy Intensity in the Service Sector: A Cross-country Analysis, 1980–2005", *Ecological Economics*, 100: 1–15.
- 32- Oh, W., Lee, K. (2004), "Causal Relationship between Energy Consumption and GDP Revisited: The Case of Korea. 1970-1999", *Energy Econ.*, 26: 51-59.
- 33- Pao, H.T., Yu, H.C., Yang, Y.H. (2011), "Modeling the CO2 Emissions, Energy Use, and Economic Growth in Russia", *Energy*, 36: 5094-5100.
- 34- Sbia, R., Shahbaz, M., Hamdi, H. (2014), "A Contribution of Foreign Direct Investment, Clean Energy, Trade Openness, Carbon Emissions and Economic Growth in UAE", *Econ. Model*, 36 (1): 191–197 .
- 35- Seddighi, H. R., Lawler, K. A., Katos, A. V. (2000), *Econometrics: A Practical Approach*, Routledge, New York .
- 36- Sharif Hossain, Md. (2011), "Panel Estimation for CO2 Emissions, Energy Consumption, Economic Growth, Trade Openness

- and Urbanization of Newly Industrialized Countries", *Energy Policy*, 39: 6991-6999 .
- 36- Song, F., Zheng, X. (2012), "What Drives the Change in China's Energy Intensity: Combining Decomposition Analysis and Econometric Analysis at the Provincial Level", *Energy Policy*, 51: 445-453
- 37- Soytaş, U., Sari, R. (2003), "Energy Consumption and GDP: Causality Relationship in G-7 Countries and Emerging Markets", *Energy Econ.*, 25: 33-37.
- 38- Stern, D. I. (2000), "A Multivariate Cointegration Analysis of the Role of Energy in the US Macroeconomy", *Energy Economics*, 22: 267-283.
- 39- Tsani, S.Z. (2010), "Energy Consumption and Economic Growth: A Causality Analysis for Greece", *Energy Econ.*, 32: 582-590.
- 40- UN data, 2011. < <http://data.un.org>>
- 41- UNDP (United Nations Development Program), (2010). Department of Environment. Iran Second National Communication to United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). National Climate Change Office, Department of Environment. Tehran.
- 42- UNEP and IEA, (2002). Reforming Energy Subsidy, an Explanatory Summary of the Issues and Challenges in Removing or Modifying Subsidies on Energy that Undermine the Pursuit of Sustainable Development. UNEP, Paris.
- 43- Wang, C. (2013), "Changing Energy Intensity of Economies in the World and its Decomposition", *Energy Economics*, 40: 637-644.
- 44- Wang, S.S., Zhou, D.Q., Zhou, P., Wang, Q.W. (2011), "CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China: A Panel Data Analysis", *Energy Policy*, 39: 4870-4875.
- 45- WDI (World Development Indicators), (2012). <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>.
- 46- Wu, Y. (2012), "Energy Intensity and its Determinants in China's Regional Economies", *Energy Policy*, 41, 703-711 .
- 47- Yang, H. Y. (2000), "A Note on the Causal Relationship between Energy and Gdp in Taiwan", *Energy Economics*, 22: 309-377.